



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales e Ingeniería Química

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL:

ELECTRICIDAD

PROYECTO FIN DE CARRERA

**PROYECTO DE ESTUDIO DE MATERIALES INTELIGENTES
APLICADOS AL JUEGO DE ESGRIMA.**

Autor: María Pérez Valero

Tutor: Juan Ignacio López Ruiz

Leganés, Julio de 2011



AGRADECIMIENTOS

A lo largo de este camino de buenos y malos momentos, debo expresar mi profunda gratitud a todos los que me han ayudado a crecer de manera intelectual y personal.

Mi supervisor, Juan Ignacio, que ha sido muy importante en el desarrollo del trabajo y me ha transmitido los conocimientos necesarios para llevar a cabo el proyecto.

La persona más importante, mi padre. Tú has sido un ejemplo de lucha y trabajo duro. Tú me introduciste en el mundo de la ingeniería y siempre fuiste paciente para enseñarme. Tú forma de ver la ingeniería hizo que me gustara y me ayudara a seguir adelante. Por todo tu apoyo, consejos, algunas peleas a veces necesarias y tu amor, te debo todo lo que soy y seré, y espero que te guste y estés orgulloso de este trabajo, porque no es mío, sino tuyo. Sin ti nunca hubiera existido.

Mi madre y mi amiga. Tú has sabido siempre escucharme, entenderme y apoyarme fielmente. Gracias a tu esfuerzo y sacrificio continuamos por el camino correcto.

Mis valiosos amigos, que siempre han estado cerca.

Gracias a todos ellos.



CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN.....	10
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO 2: OBJETIVOS	16
Fases de desarrollo.....	18
Medios empleados.....	19
CAPÍTULO 3: ESTUDIO TEÓRICO	20
3.1 ESGRIMA	21
3.1.1 HISTORIA Y DESARROLLO DEL ESGRIMA	21
3.1.2 CONOCIMIENTOS BÁSICOS SOBRE EL JUEGO DE ESGRIMA	22
3.2 MATERIALES INTELIGENTES.....	27
3.2.1 ¿QUÉ SON LOS MATERIALES INTELIGENTES?	27
3.2.2 TIPOS DE MATERIALES Y COMO FUNCIONAN.	28
3.2.2.1 Materiales Electro y Magnetoactivos.....	28
3.2.2.2 Materiales Fotoactivos (Electroluminiscente, Fluorescente, Fosforescente o Luminiscentes).....	29
3.2.2.3 Materiales Cromoactivos (Termocrómico, Fotocrómicos, Piezocrómicos).....	29
3.2.2.4 Materiales con Memoria de Forma.....	29



3.2.3	¿CUÁLES SON SUS APLICACIONES ACTUALES?	30
3.3	QTC MATERIAL INTELIGENTE	31
3.3.1	QTC (QUANTUM TUNELLING COMPOSITE). MECANISMO DE CONDUCCION.....	31
3.3.2	peculiaridades de qtc.....	33
3.3.3	APLICACIONES DE QTC	35
3.3.4	TIPOS DE QTC	36
3.3.4.1	ELASTÓMERO.....	36
3.3.4.2	TINTA/ REVESTIMIENTO	37
3.3.4.3	GRANULO	37
3.3.5	ROPA INTELIGENTE	37
3.3.6	QTC EN EL MERCADO	38
3.3.6.1	SOFTSWITCH.....	38
3.3.6.2	ELEKTEX.....	38
3.4	DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS	40
3.4.1	BASIC STAMP 2.....	40
CAPÍTULO 4: ESTUDIO EXPERIMENTAL		42
4.1	ENCUESTA ESGRIMA	43
4.1.1	PARTICIPANTES.....	43



4.1.2	PROCESO.....	43
4.1.3	RESULTADO DEL CUESTINARIO	45
4.1.4	DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN	51
4.2	SESIÓN DE LABORATORIO	52
4.2.1	LABORATORIO MECÁNICO	53
4.2.1.1	CASO ESTÁTICO.....	55
4.2.1.1.2	CONCLUSIÓN	62
4.2.1.2	CASO DINÁMICO.....	62
	CAPÍTULO 5: DISEÑO DEL PROTOTIPO.....	75
5.1	ELECTRÓNICA. BASIC STAMP 2	79
5.1.1	TRANSMISIÓN DE DATOS	90
	RIESGOS DE LA DIRECCIÓN DEL PROYECTO.....	93
	CAPÍTULO 6: PRESUPUESTO	95
	CONCLUSIÓN.....	98
	CAPÍTULO 7: DESARROLLO FUTURO.....	102
	ANEXOS.....	104
	ANEXO A: Carta de presentación y encuesta.....	105
	ANEXO B: Características del martillo de impacto.	111



ANEXO C: Datos recogidos del osciloscopio en el experimento para el caso estático.....	114
ANEXO D: Programa Basic Stamp 2.....	120
REFERENCIAS	122
BIBLIOGRAFIA	123

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1: Diagrama de bloques resumen del proceso de trabajo.....	18
Ilustración 2: equipo del deporte de esgrima.....	22
Ilustración 3: Tipos de armas y área de golpe.....	23
Ilustración 4: Sistema eléctrico de transmisión del golpe	25
Ilustración 5: Área interna del arma	26
Ilustración 6: Gráfica Fuerza vs. Resistencia QTC	31
Ilustración 7: Efecto Quantum tunneling	32
Ilustración 8: Diagrama of Basic Stamp	41
Ilustración 9: Facilidad de vestir el uniforme de esgrima.....	45
Ilustración 10: Precio del equipo.....	46
Ilustración 11: Personas a favor de una mejora en la vestimenta de esgrima..	47
Ilustración 12: Fiabilidad del sistema de marcación.....	48



Ilustración 13: Respuesta del sistema de marcación.....	49
Ilustración 14: Personas de acuerdo en mejorar el sistema de marcación.....	50
Ilustración 15: Imagen QTC Kit	54
Ilustración 17: Imagen kit QTC.....	56
Ilustración 16: Circuito con material QTC en serie	56
Ilustración 18: Imagen QTC kit en experimento estático	57
Ilustración 19: Foto caso estático.....	59
Ilustración 20: Datos de Fuerza y Resistencia para el experimento estático	60
Ilustración 21: Gráfica de Voltaje para 0,9Kg.....	61
Ilustración 22: Grafica de Voltaje para 10Kg.....	61
Ilustración 23: Imagen caso dinámico con el martillo de impacto y el interfaz PIEZOTRON COUPLER KISTLER 5112.....	64
Ilustración 24: Valores de conversión del martillo.....	66
Ilustración 25: Kit de martillo de impacto.....	66
Ilustración 26: Modelo circuito eléctrico.....	67
Ilustración 27: Imagen del osciloscopio representando QTC Voltaje y Fuerza	68
Ilustración 28: Gráfica QTC voltage	69
Ilustración 29: Gráfica Fuerza.....	69
Ilustración 30: Gráfica Resistencia QTC.....	70



Ilustración 31 : Fuerza y Resistencia vs Tiempo	73
Ilustración 32: Capas prototipo.....	78
Ilustración 33: Grafica de carga de un circuito rc.....	81
Ilustración 34: Configuración electrónica para el experimento estático	81
Ilustración 35: Imagen del osciloscopio de la carga y descarga del condensador para una resistencia de 56K.....	84
Ilustración 36: Conexión a través de cable.	89
Ilustración 37: Kit electrónico.....	91
Ilustración 38: Plan del proceso	92
Ilustración 39: The smart shirt Ilustración 40: Detalle of the Smart shirt.....	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de Materiales para el experimento estático.	58
Tabla 2: Datos de Fuerza y Resistencia para el experimento estático:.....	59
Tabla 3: Tabla de materiales para el caso dinámico.....	63
Tabla 4: Datos del experimento dinámico	71
Tabla 5: Tabla de materiales para el desarrollo del diseño hexagonal.....	79
Tabla 6: Datos resultados	85
Tabla 7: Tabla de constantes de calibración	85



Tabla 8: tabla tiempo de descarga:.....	88
Tabla 9: Tabla relación resistencia y fuerzas	88
Tabla 10: Precio actual del material para esgrima.....	97



RESUMEN

En estas páginas se procede a explicar las características del Proyecto: Estudio de materiales inteligentes aplicados al deporte de esgrima.

El sistema actual en el deporte de la esgrima depende de “percepciones subjetivas personales”. El sistema eléctrico de detección utilizado en ocasiones no es sensible y el marcador puede variar como consecuencia del sesgo de juez, la opinión subjetiva o línea de visión. Por lo tanto, esta investigación se lleva a cabo con la intención de encontrar un método que permita un sistema de puntuación lo más justo posible en la alta competición de este deporte donde la precisión juega un papel fundamental.

El descubrimiento de una nueva clase de materiales inteligentes, QTC (Quantum Tunnelling Composite) genera nuevas aplicaciones en diferentes ámbitos de la actividad humana, como en este caso, la esgrima; donde el estudio se centrará en el diseño de la chaqueta elaborada con sensores y en su fácil integración entre los textiles y la electrónica. Por ello, es fundamental el avance en este área donde se ha invertido mucho tiempo y esfuerzo en conocer la capacidad de variar algunas de las características de este nuevo material, así como el estudio sobre su comportamiento respecto al tiempo y tensión después de sufrir la aplicación de una fuerza.

La investigación sobre el deporte de la esgrima tuvo como fuente inicial de datos y conocimiento al Club de esgrima de Madrid, donde se realizaron entrevistas acerca del funcionamiento del sistema de armas y de puntuación. Los inconvenientes del sistema actual, la rutina del deporte y los comentarios de los miembros y participantes de este club serán mostrados en las encuestas y estudios estadísticos adjuntos.

En cuanto a la parte electrónica utilizada para el intercambio de información, se piensa en una red inalámbrica, sistema Bluetooth que permita enviar datos entre dos dispositivos que puedan comunicarse, incluso si están separados por algún obstáculo físico.



Este proyecto, una vez desarrollado, no pretende cambiar el mundo de la esgrima, pero si revolucionar la manera de controlar puntuaciones mejorando su precisión y facilitando su adaptación a la forma tradicional de este deporte centenario, con el uso de sensores QTC integrados en sistema inalámbrico en lugar del tradicional cable largo y ropa pesada.



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

***En estas páginas se resume y se da la estructura del Proyecto:
Estudio de materiales inteligentes aplicados al deporte de esgrima.***

En este proyecto se hablará de dos temas principales: la ropa inteligente y el deporte de la esgrima. Al mismo tiempo, la idea de este proyecto incluye la declaración del problema, el ámbito de investigación, diseño de circuitos eléctricos-electrónicos, y su propia simulación.

En el capítulo siguiente se muestran los antecedentes del deporte de la esgrima y el sistema actual utilizado, tales como chaquetas, sensores, transmisores etc. Además de la información sobre materiales inteligentes necesaria para entender las características de nuestro material QTC y su comportamiento.

El cuestionario fue diseñado especialmente para usuarios regulares de este deporte en competiciones y/o entrenamientos. El resultado del cuestionario y del debate se mostrará más adelante y de esta forma se esclarecerá al menos la dirección hacia futuras conclusiones.

La investigación de materiales inteligentes QTC arroja el dato de que estos tienen la peculiar capacidad de dejar de ser material aislante para convertirse en metal conductor, únicamente con la aplicación de presión. Para que esto se produzca se necesita saber las características de este material y la forma en la que se comporta cuando un jugador golpea al oponente con una espada en diferentes partes del cuerpo. Por esta razón, estudiar y desarrollar un sensor de material QTC y ubicarlo en diferentes partes de la chaqueta constituye una idea interesante que cubre las necesidades expuestas anteriormente. Una vez equipada la indumentaria, esta permitirá el registro del golpe del arma del oponente para su posterior lectura por tarjeta electrónica y transmisión a un marcador digital.

En primer lugar fue realizada una amplia documentación sobre el sistema actual de la esgrima, material, eléctrico o electrónico, ventajas y desventajas, los

cuales podrían ser considerados para el diseño del prototipo y con ello, tratar de mejorar el sistema actual.

En los últimos años, varias empresas se han dedicado a fabricar materiales inteligentes aplicados a textiles como chaquetas (ropa inteligente) con integración de 'iPod' y aplicaciones militares en vestimentas tales como uniformes que puedan detectar y reaccionar ante su entorno. Sin embargo, el tipo de material que se aplica al proyecto, QTC, es muy especial y posee muchas ventajas frente a otros materiales inteligentes.

Peratech, una compañía Inglesa consciente de los beneficios de estos materiales, ha seguido un estudio intensivo sobre el desarrollo de QTC, su comercialización y aplicación en medicina, robótica e informática.

Es importante mencionar que la idea de utilizar estos materiales inteligentes para el deporte de la esgrima es completamente nueva, no obstante existen modelos apoyados en la utilización de estos materiales que ayudarán en la concepción y desarrollo de una idea totalmente propia.

La idea principal de este proyecto es el estudio del material QTC y sus posibles aplicaciones, siendo el objetivo de esta investigación el colaborar y añadir un nuevo uso en el ámbito textil a la lista actual de aplicaciones técnicas del material, además de realizar el diseño de un sistema inalámbrico que ayude a la investigación de este proyecto aumentando la movilidad del participante.



CAPÍTULO 2: OBJETIVOS

En estas páginas se resume los objetivos y metas en el proyecto: Estudio de materiales inteligentes aplicados al deporte de esgrima.

El objetivo principal consiste en una profunda investigación sobre las características de la aplicación de materiales inteligentes en el deporte de la esgrima y respuestas del material QTC, así como su integración en las reglas de dicho deporte, con la idea de mejorarla aplicación de las mismas, su precisión y modernización tecnológicas construyendo por ello un prototipo de sensor que permita la precisa detección de los golpes.

Los objetivos específicos previstos para este proyecto serían los siguientes:

- Estudio sobre las características del material QTC, ventajas y desventajas.
- Conocer el sistema actual de materiales en el deporte de la esgrima, sistema de transmisión y posibles problemas.
- Investigación sobre las aplicaciones QTC que puede servir de información para el proyecto.
- Examinar la respuesta del material a los factores externos obtenidos en el laboratorio de forma experimental para analizar los resultados y comparar con las predicciones teóricas.
- Diseñar un sensor de QTC y desarrollar un prototipo.
- Investigar sobre la posterior integración del sensor obtenido en la industria textil.
- Aprendizaje y desarrollo de programas y sistemas que permitan la transmisión vía Bluetooth de la puntuación del juego.
- Análisis económico comparativo de los recursos y estudio de posibles mejoras.

FASES DE DESARROLLO

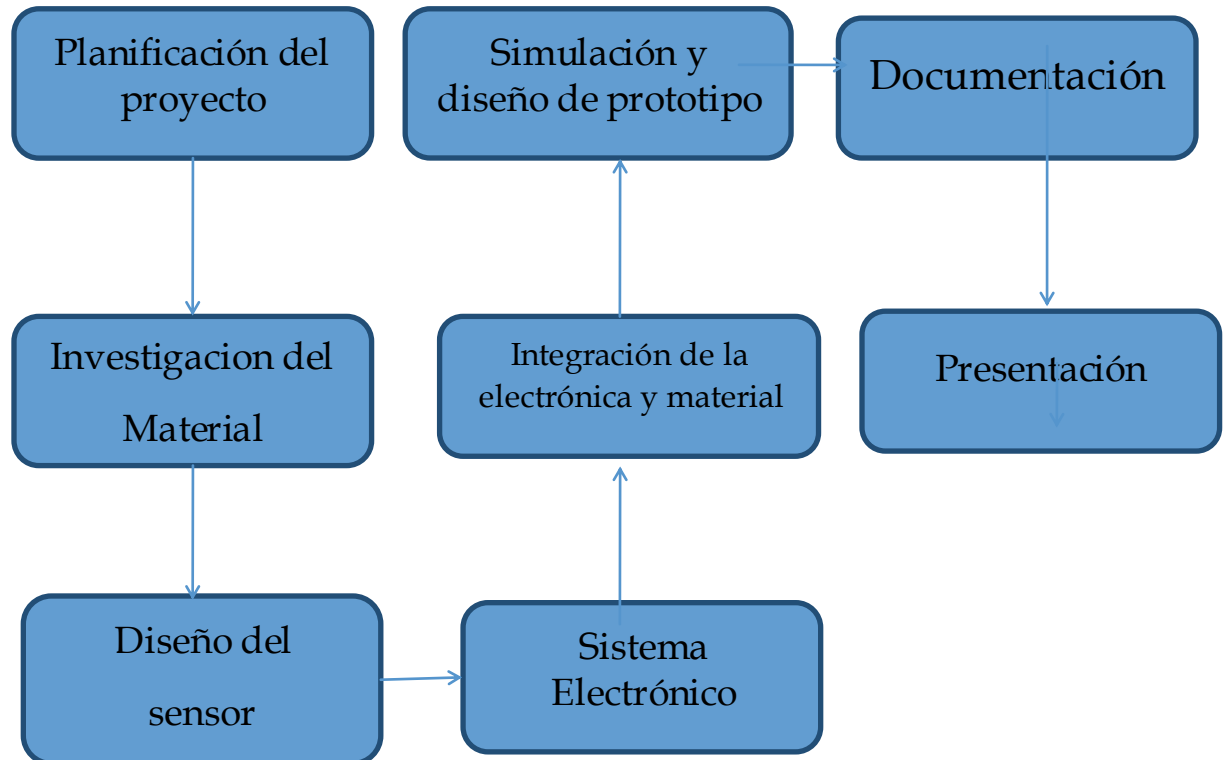


ILUSTRACIÓN 1: DIAGRAMA DE BLOQUES RESUMEN DEL PROCESO DE TRABAJO

El objetivo principal es lograr un amplio estudio sobre el material QTC y sus posibles aplicaciones a los textiles para el desarrollo de la esgrima y la mejora de sus entrenamientos y competiciones.

Como se mencionó anteriormente, los conocimientos teóricos sobre el desarrollo del material, normas y técnicas para su estudio experimental, se intentarán poner a prueba en el laboratorio, cuando se estudie la respuesta ante un estímulo externo contra el tiempo, la resistencia y el voltaje aplicado.

El diseño de la ropa y puntos de aplicación de los sensores es importante, porque dependiendo de cómo se coloquen los sensores, el registro del golpe será eficiente o no. También la elección de materiales, número de capas y tamaño del dispositivo serán decisivos para el correcto funcionamiento del sensor.

MEDIOS EMPLEADOS

Durante el desarrollo del proyecto se ha dedicado parte del tiempo a la búsqueda exhaustiva de información proveniente de fuentes tales como:

Una entrevista con el director del club de esgrima madrileño, la cual ayudo en gran medida a la investigación arrojando luz sobre las técnicas, reglas, ventajas y desventajas actuales del deporte.

Así como un informe en detalle a través de un cuestionario realizado a los participantes y conocedores del deporte que se adjunta en el anexo A con su respectivo estudio estadístico.

Por otra parte, se han practicado pruebas mecánicas en el laboratorio que amplian el conocimiento acerca de las características del material QTC y su comportamiento.

Por último, se ha utilizado un software especial llamado Basic Stamp 2 para la simulación de circuitos electrónicos facilitando así la puesta a punto del sensor y su funcionamiento en la detección, lectura y transmisión del golpe al marcador.

Todos estos recursos facilitaron la obtención de datos relacionados con la esgrima, a encauzar objetivos y definir ideas.



CAPÍTULO 3: ESTUDIO TEÓRICO

En este apartado se procede a la explicación sobre los datos teóricos y antecedentes a cerca del deporte de esgrima, materiales inteligentes y aplicaciones.

3.1 ESGRIMA

3.1.1 HISTORIA Y DESARROLLO DEL ESGRIMA

“La esgrima es un deporte de combate, donde se enfrentan dos contrincantes, que deben intentar tocarse con un arma blanca (pero sin que el arma posea ni filo ni punta; es decir, que no se puede cortar ni pinchar con ella), en función de la cual se diferencian tres modalidades: sable, espada y florete.

La palabra procede del verbo "esgrimir," que significa reparar o proteger. Los contrincantes reciben el nombre de "tiradores". Cuando un tirador es "tocado" por el arma, el contrario recibe un punto.

Como deporte se postula que se habría originado en España con la famosa "espada ropera" donde hombres y mujeres lo practicaban. Además, en el siglo XV, en España, aparecen los primeros tratados que establecen las pautas para el ejercicio de esta actividad: "La verdadera esgrima" (1472) y "El manejo de las armas de combate" (1473).

A finales del siglo XIV comienzan a ver la luz en Europa distintos manuales de la disciplina. La esgrima apareció por primera vez como deporte olímpico en la primera edición de las olimpiadas modernas de 1896, aunque sólo en categoría masculina, y en la femenina partir de 1960.

3.1.2 CONOCIMIENTOS BÁSICOS SOBRE EL JUEGO DE ESGRIMA



ILUSTRACIÓN 2: EQUIPO DEL DEPORTE DE ESGRIMA

(Consultado en <http://soloesgrima.blogspot.com/2009/11/esgrima-basica-ii.html>)

Es un combate donde se realizan generalmente acciones rápidas y de fuerza, lo que significa que la hoja de esgrima está normalmente acostumbrada a recibir grandes descargas de fuerza con una deformación que debe restablecerse más rápido posible después de dejar de aplicar la carga sobre esta, tal es el caso que se puede realizar una maniobra con la fuerza de la mano sobre la hoja y hacer que esta tome una curvatura tal que llegue a tocar al contrario. Actualmente esta práctica ha perdido un poco su efectividad debido a la calibración de las máquinas en los nuevos tiempos.

Así, dependiendo del fabricante de la hoja, cada una tiene características diferentes de dureza y elasticidad y un tiempo determinado de vida útil.

En la esgrima moderna, se usan tres armas: el florete, la espada, y el sable, hechas de acero templado. La longitud mínima permitida de la hoja es para florete y espada de 90 cm y en el caso del sable de 88 cm, siendo la longitud máxima del arma de 110 cm para las dos primeras y de 105 cm para el sable. El peso máximo autorizado debe de ser inferior a 500 g en el florete y sable y de 750 g en la espada.

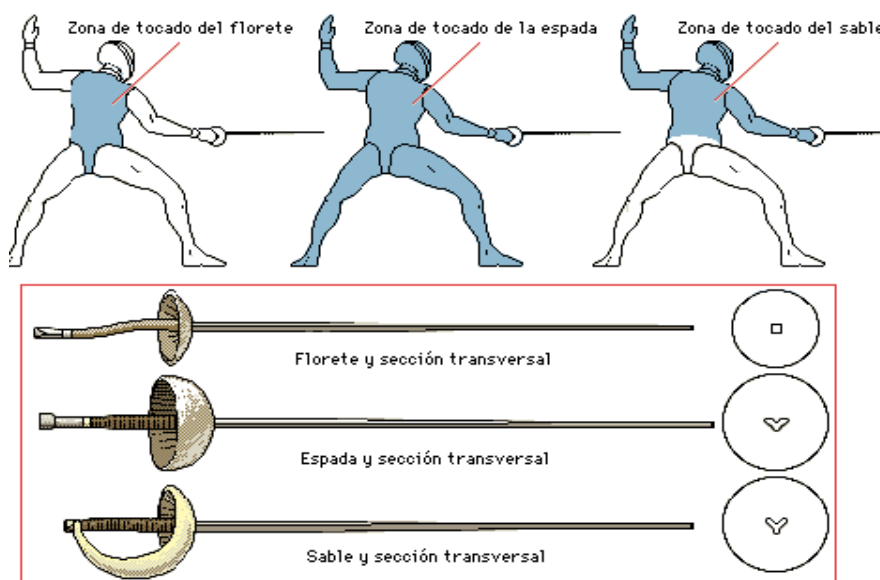


ILUSTRACIÓN 3: TIPOS DE ARMAS Y ÁREA DE GOLPE

(Consultado en <http://entertainment.howstuffworks.com>)

3.1.2.1 FLORETE

Arma desarrollada durante el siglo XVII como arma de entrenamiento para combate con espadas ligerísimas.

Desarrollada como arma de práctica y deportiva, el florete es considerado el arma básica. Es ligero y flexible y se usa para conseguir tocados embistiendo con su punta roma. La hoja es rectangular en sección transversal. El área válida de tocado para los floretistas es el torso, resultando por lo tanto "no válido" el tocado en las extremidades o la cabeza. Los tocados se hacen únicamente de punta igual que con la espada, sin el filo y contrafilo como en el caso del sable.

Los tocados se registran gracias a un peto metalizado, que se une a la red de registro de tocados mediante un pasante especial.

Además, es un arma de convención, es decir se asigna prioridad a los ataques, no existiendo en ningún caso un tocado "doble".

En el mundo de la esgrima, se considera como más hábiles a los floretistas ya que esta arma es la más técnica de las tres, y requiere más destreza mental y física, pues sus movimientos requieren una mayor habilidad y rapidez.

3.1.2.2 ESPADA

La espada moderna deriva del espadín francés, la cual a su vez procede de la espada ropera española. Como el florete, es un arma de estocada, pero tiene una cazoleta o protección de mano más grande, además de ser más pesada y de tener una construcción más rígida. La sección de su hoja es en forma de Y o V. El área válida de ataque es todo el cuerpo.

Los duelos de espada son los más realistas, pues se asemejan más a la esgrima clásica, de forma que no tiene reglas de convención y solo cuenta el orden cronológico entre un tocado y otro, pudiendo existir los tocados "dobles".

3.1.2.3 SABLE

El sable moderno deriva del arma que usaban antes los soldados de caballería. Tiene un protector en forma de cuenco, que se curva bajo la mano, y una hoja triangular en sección transversal. Los tocados o puntos se pueden conseguir embistiendo con la punta o produciendo un corte con el filo o con el contra filo de la hoja.

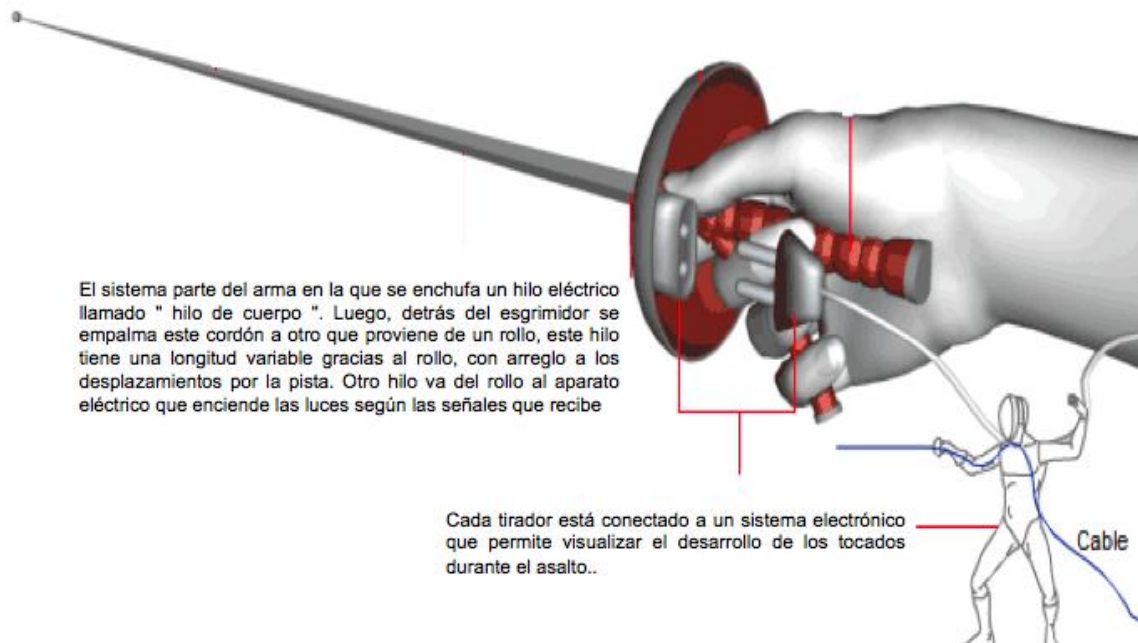


ILUSTRACIÓN 4: SISTEMA ELÉCTRICO DE TRANSMISIÓN DEL GOLPE

(Consultado en [http:// eluniversal.com](http://eluniversal.com) eluniversal.com)

El sistema de puntuación de esgrima se realiza por medio del sistema eléctrico con cables. El guardia del arma debe unirse a la masa de puntuación. En el caso de las armas de empuje (florete y espada) la punta de la hoja tiene un botón que al pulsarlo se activa el circuito eléctrico, donde los cables del sistema eléctrico se

colocan a lo largo de la hoja del arma. Al pulsar el botón de punta contra el objetivo con fuerza suficiente, se cerrará el circuito.

Si queremos considerar que alguien estaba tocado y el sonido del marcador, se debe ejercer una presión mayor o igual a 500 g (4,90 N) y 750gr (7.35) en espada. Dentro de la guardia del arma se coloca un interruptor que conecta con el cable eléctrico. La corriente pasa por el arma y la chaqueta a la tarjeta de puntuación. El cable está dentro de la chaqueta que está vinculado a un ancla que se encuentra en el marcador.

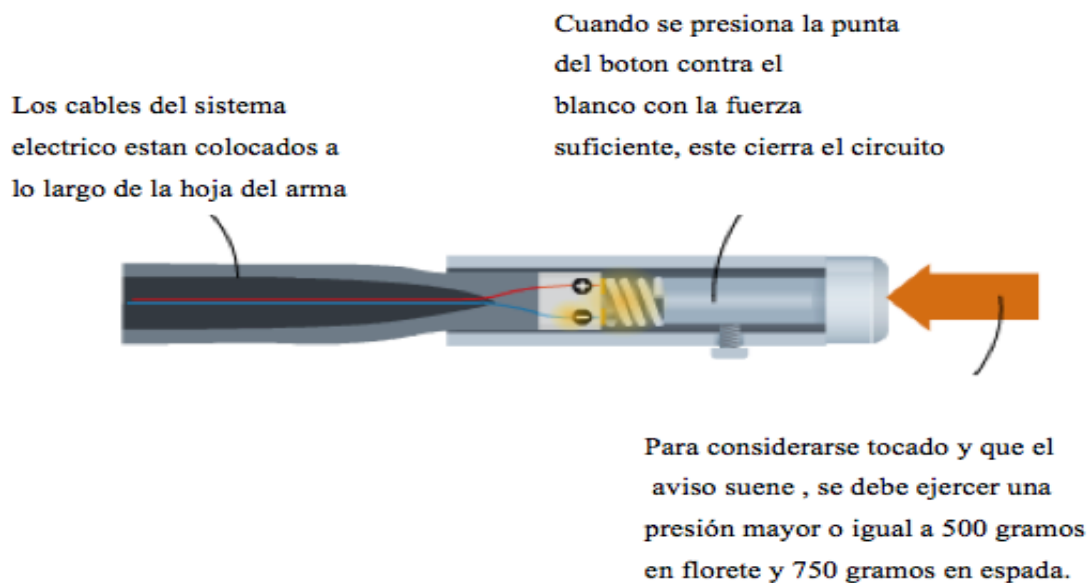


ILUSTRACIÓN 5: ÁREA INTERNA DEL ARMA

(Consultado en [http:// eluniversal.com](http://eluniversal.com) eluniversal.com)

3.2 MATERIALES INTELIGENTES

3.2.1 ¿QUÉ SON LOS MATERIALES INTELIGENTES?

Los materiales inteligentes, activos, o también denominados multifuncionales son materiales capaces de responder de modo reversible y controlable ante diferentes estímulos físicos o químicos externos, modificando alguna de sus propiedades.

Por su sensibilidad o actuación, estos materiales pueden ser utilizados para el diseño y desarrollo de sensores, actuadores y productos multifuncionales, así como poder también llegar a configurar estructuras y sistemas inteligentes de aplicaciones múltiples. En este caso las estructuras inteligentes, son por ejemplo aquellas que gracias a la combinación de estos materiales son capaces de auto diagnosticarse y modificarse para adaptarse a las condiciones que se les ha marcado como óptimas o correctas.

Algunos de estos materiales, son conocidos desde hace muchos años y otros (la mayoría) son de reciente aparición. Se manifiestan en diferentes naturalezas, inorgánicas, metálicas y orgánicas, y su comportamiento es muy diverso siendo sensibles a una amplia variedad de fenómenos físicos y químicos.

Actualmente, su importancia surge gracias a las nuevas tecnologías como la microelectrónica y la posibilidad de diseñar y sintetizar estructuras orgánicas poliméricas con propiedades activas predefinidas.

3.2.2 TIPOS DE MATERIALES Y COMO FUNCIONAN.

A continuación se enumeran agrupados por el tipo de estímulo o comportamiento algunos de los materiales comúnmente denominados como activos o inteligentes:

En estos materiales, se prestará especial atención a los metales piezoeléctricos.

3.2.2.1 MATERIALES ELECTRO Y MAGNETOACTIVOS

Son materiales que actúan o reaccionan ante cambios eléctricos o magnéticos (magnetostrictivos, electrostrictivos...), ampliamente empleados en el desarrollo de sensores. También, los nuevos desarrollos en base a materiales poliméricos conductores han dado paso a los EAP (Electro Active Polímeros) cuyo desarrollo abren paso a los músculos artificiales y mecanismos orgánicos artificiales.

Los materiales piezoeléctricos, materiales con la capacidad para convertir la energía mecánica en energía eléctrica y viceversa, son ampliamente aplicados como sensores y actuadores, vibradores, zumbadores, micrófonos, entre otros. En la actualidad además de los cerámicos, existen polímeros piezoeléctricos como el PVDF, que en forma de films son fácilmente incorporados a plásticos.

Los materiales electro y magnetoreológicos, son materiales capaces de alterar su propiedades reológicas ante variaciones del campo. Son suspensiones de partículas micrométricas magnetizables, en fluidos de distintas naturalezas (aceites hidrocarburos, silicona o agua), que de forma rápida y reversible aumentan su viscosidad bajo la aplicación de campos magnéticos. Existen aplicaciones por ejemplo en los amortiguadores variables en base a fluidos magnetoreológicos MRF.

3.2.2.2 MATERIALES FOTOACTIVOS (ELECTROLUMINISCENTE, FLUORESCENTE, FOSFORESCENTE O LUMINISCENTES).

Son materiales que actúan emitiendo luz. En el caso de los electroluminiscentes cuando son alimentados con impulsos eléctricos emiten luz, los fluorescentes devuelven la luz con mayor intensidad y los fosforescentes, almacenan la energía y la emiten después de cesar la fuente de luz inicial.

Son ya aplicados a sistemas de señalización y seguridad. En el caso de los electroluminiscentes, emiten luz fría y su disposición en forma de film (lámparas planas) están siendo combinados en piezas plásticas mediante técnicas como IMD (In Mold Decoration) para realizar piezas 3D que emiten luz propia.

3.2.2.3 MATERIALES CROMOACTIVOS (TERMOCRÓMICO, FOTOCTRÓMICOS, PIEZOCRÓMICOS)

Son materiales que modifican su color ante cambios de temperatura, luz o presión. Los termocrómicos están ya presentes en forma de etiquetas de control de temperatura (cadena de frío), artículos de hogar (envases microondas, sartenes, mangos,...), juguetes (cromos que al frotar muestran una imagen) etc.

3.2.2.4 MATERIALES CON MEMORIA DE FORMA.

Se definen como aquellos materiales capaces de “recordar” su forma y capaces de volver a esa forma incluso después de haber sido deformados. Este efecto de memoria de forma se puede producir por un cambio térmico o magnético.

Las aleaciones metálicas más conocidas son las aleaciones de níquel-titanio, cuyo nombre comercial es nitinol, y que responden ante campos térmicos. Si a un

alambre de SMA, se hace pasar una corriente eléctrica hasta calentarlo a una temperatura determinada, se encogerá hasta un 6% de su longitud, si se enfría por debajo de la temperatura de transición recupera su longitud inicial. Sus aplicaciones están extendidas en medicina como cánulas intravenosas, en robótica se emplean los alambres de Nitinol como músculos artificiales entre muchas otras aplicaciones.

En general estos materiales llamados “inteligentes” se solapan y se entremezclan con otras grandes tecnologías como las nanotecnologías, la microelectrónica y los biomateriales.

3.2.3 ¿CUÁLES SON SUS APLICACIONES ACTUALES?

Al margen de las aplicaciones en sectores como el aeroespacial y militar, los materiales anteriores pueden por sí solos, constituir productos inteligentes o elementos fundamentales como sensores y actuadores de uso en ingeniería civil y servicios a la sociedad en general.

Hoy en día se aplican en sistemas de monitorización y control activo en muchos procesos y en algunos productos. Sin embargo la evolución de estos materiales puede permitir llegar a ser incorporados durante el proceso de elaboración del producto, de modo integrado, combinando diferentes materiales activos, reduciendo y simplificando los diseños y etapas de fabricación.

3.3 QTC MATERIAL INTELIGENTE

QTC es un material relativamente nuevo descubierto en 1997 por Davis Lussey. Está hecho de partículas de metal de relleno combinado con un aglutinante elastomérico, generalmente de caucho de silicona. Este material debe sus extraordinarias propiedades a un fenómeno cuántico de túnel, túnel de electrones a través del material, que le permite tener la capacidad extraordinaria de cambiar fácilmente de un aislante eléctrico casi perfecto a un conductor de metal cuando se coloca bajo presión. Ver Ilustración 6.

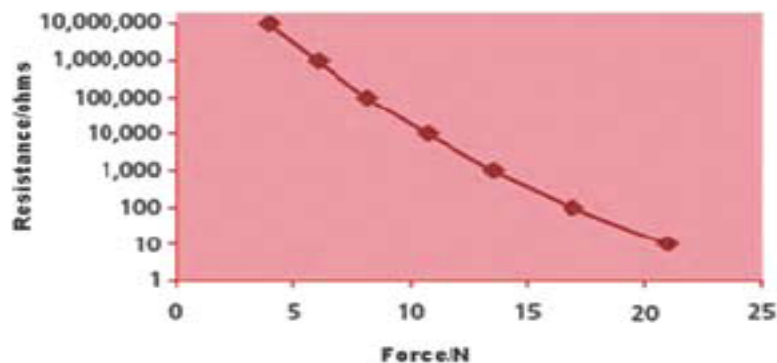


ILUSTRACIÓN 6: GRÁFICA FUERZA VS. RESISTENCIA QTC

(Consultado en <http://.dur.ac.uk>)

3.3.1 QTC (QUANTUM TUNELLING COMPOSITE).

MECANISMO DE CONDUCCION

En QTC, un túnel cuántico es el mecanismo de conducción dominante. Para que se produzca la conducción de un túnel, la probabilidad de conducción debe ser alta. Para aumentar la probabilidad, el ancho, o el ancho aparente de la barrera

túnel debe disminuirse. Esto se logra en el material QTC debido a la forma de las partículas de relleno conductor y su alta carga en el material de la barrera, que es un fijador de elastómero no conductor.

Los picos en las partículas de relleno conductor producen un aumento localizado en el campo eléctrico, concretamente en las puntas, que en la práctica reducen la anchura de las barreras y permiten que ocurra la conducción. Esto es conocido como efecto quantum tunnelling composite, efecto túnel

Como QTC se comprime, las partículas conductoras se unen cada vez más y los anchos de barrera se reducen. Esto conduce a un aumento exponencial en la probabilidad del efecto túnel y una disminución exponencial en la resistencia eléctrica. La posibilidad de variar la anchura de la barrera a través de la compresión, tracción o torsión lo da únicamente las propiedades eléctricas controlables del material especial QTC.

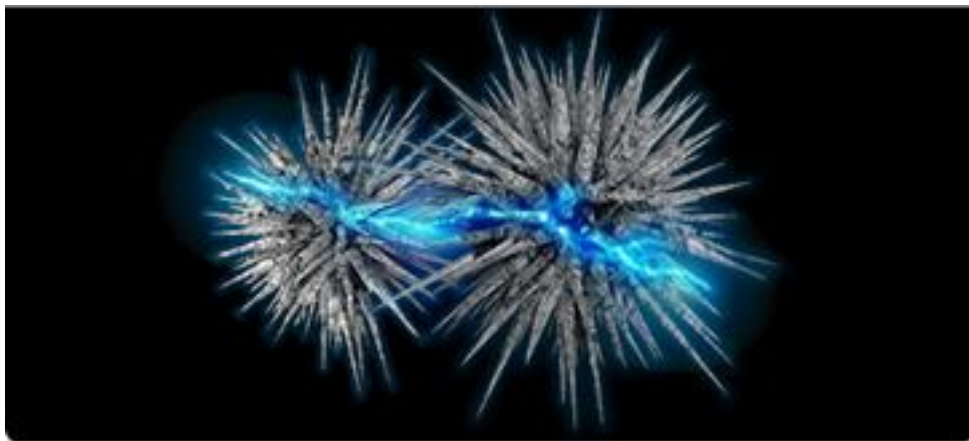


ILUSTRACIÓN 7: EFECTO QUANTUM TUNNELING

(Consultado en <http://peratech.com>)

3.3.2 PECULIARIDADES DE QTC

Históricamente, las partículas de carbono se han utilizado en materiales compuestos conductores. Sin embargo, estos compuestos de carbono tradicionales se comportan de manera distinta, en ocasiones con variantes químicas y/o mecánicas que consiguen un cambio significativo para el diseño de materiales que exigen alta resistencia a la vez que extrema ligereza. Estas diferencias hacen destacar al material QTC por no ser cambiante y tener una sola respuesta para la conmutación y problemas de detección.

Algunas de las principales diferencias son:

- Por lo general los compuestos de carbono siempre muestran liderazgo conduciendo con una resistencia de unos pocos miles de ohmios, mientras que en el estado sin tensión, QTC puede ser considerado un aislante en 1012 ohmios.
- En estados bajo presión, los compuestos de carbono puede reducir su resistencia interna a unos pocos cientos de ohmios, mientras que QTC puede reducir a menos de 1 ohm.

La deformación necesaria para producir un efecto de cambio significativo (factor 10) es menor para QTC que para los compuestos de carbono .QTC es mucho más sensible.

Los aspectos generales de control de QTC a tener en cuenta:

- Material de QTC se pueden formar o moldear en prácticamente cualquier tamaño, grosor o la forma, lo que permite el rediseño de las interfaces de los

productos y proporcionar una mejor ergonomía, la estética y el confort del usuario.

- QTC es un material que permite que sea sencillo y fiable en aplicaciones tecnológicos.
- QTC es un material duradero, que no tiene partes móviles que se desgasten.
- Es un material mecánicamente fuerte.
- Material de QTC puede soportar temperaturas extremas límites.
- Material de QTC es versátil, tanto eléctrica como físicamente, como ocurre por ejemplo con su área de distribución y la sensibilidad puede ser alterado.
- Material de QTC puede servir directamente de interfaz con los dispositivos estándar electrónicos y eléctricos.

Algunos aspectos generales de control de QTC a tener en cuenta:

- Una parte de la tensión aplicada también influye en el grosor del material.
- Los niveles de fuerza utilizada hasta la fecha son de 60N a 0,1 con 10 ohmios de resistencia.
- Immune a la humedad.
- Está expuesto a interferencias porque es un elemento en nuestro circuito.
- QTC puede soportar secado, moldeado, revestimiento y esmaltado.
- Soporta 40V de tensión máxima, pero puede conseguir más tensión si se pone varias en serie.

3.3.3 APLICACIONES DE QTC

- QTC puede ser utilizado como un interruptor, en estado "apagado" es un buen aislante y en el estado "encendido" es tan bueno como un metal conductor.
- QTC puede ser utilizado para detectar incluso cambios muy pequeños debido a la compresión, la tensión o estrés entre otros.
- Los dispositivos QTC pueden dar lugar a importantes corrientes que permite el control directo de cargas.

Algunos ejemplos prácticos de estas aplicaciones son las siguientes:

- Industria médica. Se utilizan en aplicaciones de sensores en vendas y conectado a un sistema de seguimiento para controlar la presión. También se utiliza los sensores QTC para construir robots que puedan tener sensibilidad al tacto y llevar a cabo funciones similares a las de los humanos.
- El material QTC se utiliza en muchos otros tipos de sensores como en la industria del automóvil con sensores de parachoques de modo que si un peatón se cruza delante de un coche, este sensor es capaz de detectarlo y es capaz también de levantar el capot para suavizar el golpe.
- Puede ser utilizado en instalaciones para medir la presión en los interfaces críticos, tales como válvulas y sellos. También puede detectar el ángulo de una articulación o medir el grosor o ser utilizado como sensor de temperatura.

Otra área importante de investigación actual es el desarrollo y aplicación de los tejidos "inteligentes", al cual pertenece este proyecto, en el que se incluye los componentes eléctricos y electrónicos en el sector textil. Las fibras recubiertas con materiales QTC, flexibles y blandos tejidos que actúan como interruptores y que pueden ser incorporados en prendas de vestir y otros productos.

Sólo unas pocas aplicaciones de QTC han sido nombradas. Debido a que el material QTC es tan nuevo que sólo un reducido número de productos se encuentran en el mercado, pero muchos todavía están en vías de desarrollo.

3.3.4 TIPOS DE QTC

Los materiales QTC se pueden encontrar en diferentes formas: pastillas, gránulos, tinta / revestimiento.

QTC es comercializado por la compañía Peratech la cual es la única con licencia y autorización para permitir la fabricación de productos y aplicación del mismo.

Actualmente Peratech ofrece tres formas de material QTC para proyectos de clientes. Cada tipo tiene propiedades diferentes para adaptarse a la solicitud del proyecto requerido:

3.3.4.1 ELASTÓMERO

Esta pequeña forma adecuada para muchas aplicaciones de base. Puede ser utilizado en la mayoría de los métodos de producción estándar, como la extrusión, moldeado y piezas troqueladas de material de la hoja.

3.3.4.2 TINTA/ REVESTIMIENTO

Disolvente u acuosa de polímero basado en capas QTC para los textiles, películas y aplicaciones de circuitos impresos.

3.3.4.3 GRANULO

Silicona, disolvente o agua basada en formas granular, QTC proporcionar áreas de gran superficie para la percepción de líquido.

3.3.5 ROPA INTELIGENTE

La ropa inteligente hace que el material inteligente tenga una función especial. Los expertos coinciden en que inteligente significa la capacidad de sentir los estímulos del entorno y reaccionar a las circunstancias (Baurley, 2003).

A finales de 1990, la investigación textil ha sido popular debido a que la mayoría de las instituciones creían que los textiles inteligentes sería la ropa de la nueva generación y que esta podría sustituir la ropa tradicional con mejores características, siendo más fuertes, ligeros e y por supuesto “inteligentes”.

3.3.6 QTC EN EL MERCADO

Peratech es la empresa que fabrica QTC. Hay una gran cantidad de aplicaciones de QTC como deportes, medicina, industria automovilista y el teléfono móvil. A continuación se presentan algunos ejemplos basados en el diseño e integración de sensores en el sector textil, los cuales se encontraron útiles y han sido tomados como referencia para desarrollar este proyecto.

3.3.6.1 SOFTSWITCH

La primera generación de SoftSwitch es un ejemplo de tecnología integrada. Esta tecnología se esconde detrás de una cubierta de tela. La industria textil viene con botones ocultos y actúan los diodos como interfaz entre la tecnología y el usuario. Tiene una entrada simple y salida física y simbólica. Estos materiales inteligentes pueden mejorar y expresar la interacción.

Los materiales QTC dan una enorme flexibilidad en el diseño, forma, grosor y estilo de un interruptor o sensor de presión y se puede hacer en una variedad de formas de elastómeros, incluyendo emulsionante recubrimientos de silicona «a granel» o caucho y formas textiles.

3.3.6.2 ELEKTEX

ElekTex es un laminado de cinco capas de tela que se organiza para formar un panel táctil resistente. Las capas centrales y exteriores son conductores y hay dos capas de aislamiento alrededor de la capa central. El sensor de contacto se activa, cuando se toca las capas y se comprimen para formar un circuito electrónico. A

través de esta acción, valores X e Y de posición se generan, con una medida de la resolución de baja presión (Z), así estos resultados se miden y son interpretados por la electrónica de control.

- La medición del eje X. Aprobada por la aplicación del gradiente de tensión a la capa inferior y la salida de medición conduce a la capa superior.

- La medición del eje Y. El voltaje aplicado en la capa superior del conductor, la salida medida en la capa inferior y la capa central conductora mide a nivel local la tensión cuando se comprime y usa la electrónica para medir la baja resistencia. Cuando el sensor se toca, una señal de salida continua es generada la cual puede ser cambiada y analizada por el sistema electrónico para enviar una respuesta apropiada al dispositivo conectado. El sensor de ElekTex puede variar su tamaño en la zona activa desde tan sólo 1m² a 1cm².

El interfaz electrónico de ElekTex, convierte la presión de contacto sobre los comandos de una acción específica y puede ser configurado para las necesidades particulares de una aplicación. La presión en la superficie no viene solo de ser tocado por el dedo, ElekTex es capaz de generar los valores de cualquier contacto, incluso de un lápiz. Las propiedades físicas de ElekTex hace que sea un diseño adaptable para trabajar con cualquier otro producto textil y la única diferencia es la capacidad electrónica. Se utiliza muy poca energía por lo general funcionan a unos 5V y que consigue menos de 5 mA

3.4 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

En el proyecto se han utilizado herramientas electrónicas para las lecturas de presión del sensor y su posterior transmisión al ordenador. Hemos utilizado Basic Stamp Board para simular el circuito y la transmisión vía Bluetooth.

3.4.1 BASIC STAMP 2

BASIC Stamp es un microcontrolador que posee un intérprete especializado de BASIC que se encuentra en su memoria ROM. Este microcontrolador es fabricado por Parallax y su aprendizaje y uso son fáciles, así como el lenguaje de programación BASIC que se requiere para controlar este chip.

Tiene un circuito integrado programable que acepta un listado de instrucciones y contiene todos los componentes de un computador. Se utilizan para realizar determinadas tareas o para gobernar dispositivos, debido a su reducido tamaño y está incorporado en el propio dispositivo que gobierna.

El microcontrolador es un dispositivo con sus líneas de entradas y salidas (I/O) que permiten la conexión de sensores y relés. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada

BASIC Stamp posee la forma de un chip DIP (Dual In Package), encontrándose en una placa de circuito impreso que contiene los elementos esenciales para un microprocesador:

- Un microcontrolador que contienen la CPU, ROM que posee el intérprete de BASIC y varios elementos periféricos.

- Memoria
- Un reloj de CPU
- Una fuente

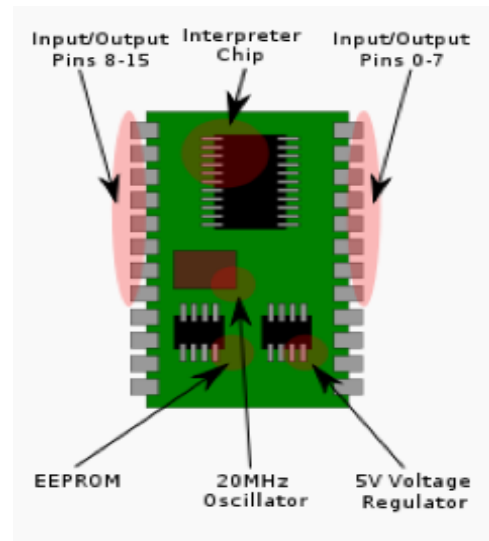


ILUSTRACIÓN 8: DIAGRAMA OF BASIC STAMP

(Consultado en [http:// en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org))



CAPÍTULO 4: ESTUDIO EXPERIMENTAL

En este capítulo se detalla la parte práctica del proyecto, encuestas, experimentos en laboratorio, datos recogidos y análisis de los mismos.

4.1 ENCUESTA ESGRIMA

En primer lugar para que el lector pueda familiarizarse con la esgrima, antes de la investigación y desarrollo, se hizo un estudio actual sobre el deporte a través de una entrevista en el Club de esgrima de Madrid. Su objetivo era entender la esgrima y conocer la opinión de los usuarios acerca de los problemas y beneficios del producto actual y así entender su visión sobre un desarrollo futuro y una posible mejora en comparación con los productos existentes.

4.1.1 PARTICIPANTES

Como participantes del cuestionario sobre el juego de la esgrima fueron elegidos gerentes técnicos y conocedores del deporte ya que están más familiarizados con estos productos y podrían ayudar a mejorar el diseño actual. Ellos participaron y explicaron sus conocimientos sobre el deporte e informaron de las deficiencias que existían en el mismo, además de dar también su opinión sobre la idea propuesta en este proyecto.

Se realizaron 100 encuestas las cuales 89 de ellas fueron contestadas.

4.1.2 PROCESO

Antes de realizar la encuesta, se hizo una breve entrevista donde se explicó el propósito del estudio y el tema de discusión. En el club informaron sobre cómo se desarrollaba el juego, los materiales utilizados y el sistema eléctrico actual para la detección de golpes y su posterior transmisión.

Uno de los puntos clave a destacar en esta entrevista fue la desconfianza y disconformidad hacia el sistema actual, ya que es un deporte que ha avanzado muy poco en los últimos años pese a los grandes avances eléctricos y electrónicos de nuestros tiempos.

En el club daban muestra de su preocupación sobre los quebradizos materiales utilizados en la fabricación de armas, los cuales se rompían con mucha facilidad durante entrenamientos y competiciones. Eran propensos al desgaste debido a su peculiar diseño explicado anteriormente en el apartado 3.1.2. “Conocimientos básicos sobre el juego de esgrima”.

Otro de los problemas a destacar era la poca fiabilidad del sistema de detección de golpes, a veces poco claro y dependiente del punto de vista subjetivo del árbitro.

Después de que se hubieran tenido en cuenta todas las cuestiones claves y haberse informado sobre la investigación y sobre el uso de materiales inteligentes en este deporte, se estuvo seguro de que el participante de la encuesta entendía todo claramente antes de realizar el cuestionario y que lo realizaba de manera voluntaria. De todos modos la información que proporcionarían no sería revelada a terceros si estos no estuvieran dentro del ámbito de la investigación.

La carta de presentación y los cuestionarios se adjuntan en el Anexo 1. De esta forma los datos recogidos en la encuesta, mostrarán más información sobre los problemas de los trajes de esgrima y ayudaran en la etapa de diseño del sensor y su integración en el textil.

Todos los resultados de la encuesta se generaron a partir de los kits de la encuesta y se analizaron mediante el uso de Microsoft Excel. Más tarde fueron presentados en gráficas y sometidos a discusión y valoración.

4.1.3 RESULTADO DEL CUESTINARIO

Una vez creadas las encuestas y recibida la tabulación de datos con los resultados era el turno de analizar estadísticamente las encuestas. En este capítulo se explicará un resumen de los resultados obtenidos en la investigación.

Las primeras preguntas de la encuesta tenían como objetivo recoger información personal sobre el participante. Todos los encuetados son en su mayoría de nacionalidad española y con edad comprendida entre los 12 y 60 años, siendo un 76% de hombres y 24 de mujeres.

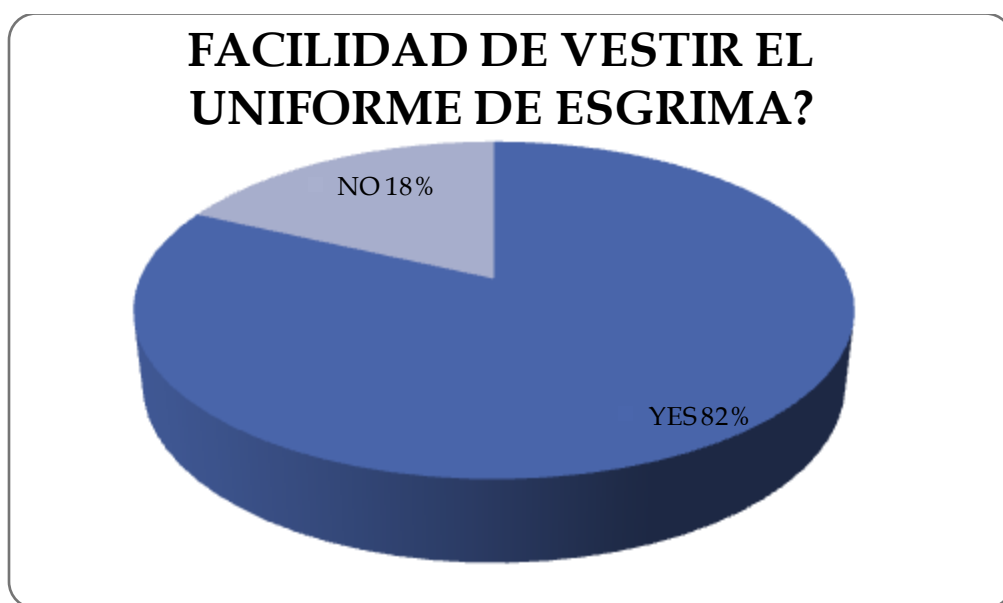


ILUSTRACIÓN 9: FACILIDAD DE VESTIR EL UNIFORME DE ESGRIMA

La inmensa mayoría de personas encuestadas piensan que el traje de esgrima es fácil de vestir. Pero también existe un menor porcentaje que opinan que no es del todo cómodo, siendo la chaqueta eléctrica pesada, sucia y difícil de limpiar.

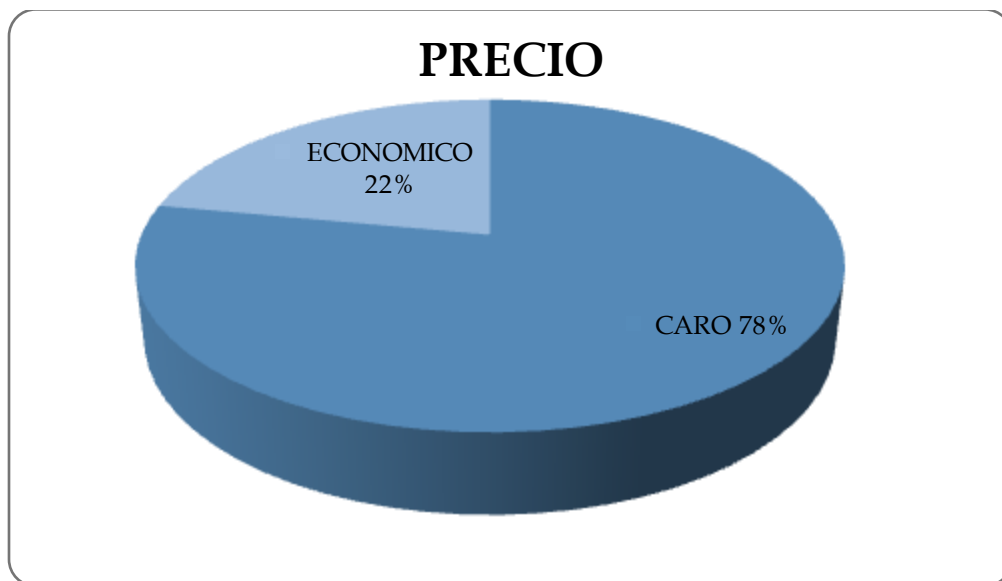
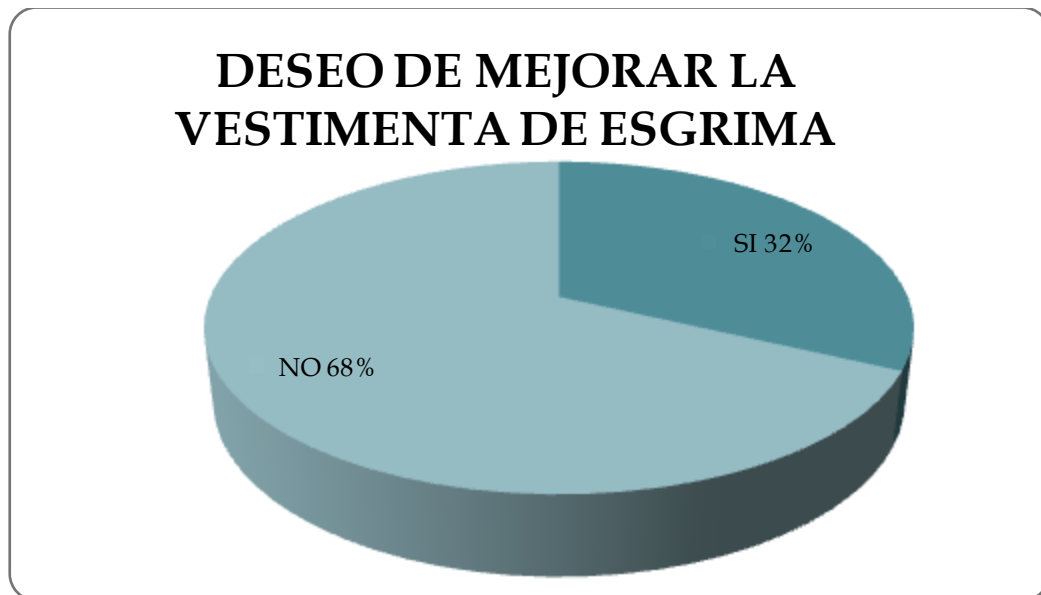


ILUSTRACIÓN 10: PRECIO DEL EQUIPO

Esta pregunta es de respuesta única y las opiniones obtenidas son las siguientes:

-Un 78% que piensa que el uniforme requerido para la esgrima es una inversión que no está al alcance de todo el mundo.

-Un pequeño porcentaje del 22% que considera que no es caro.



**ILUSTRACIÓN 11: PERSONAS A FAVOR DE UNA MEJORA EN LA VESTIMENTA DE
ESGRIMA**

Esta grafica engloba varias preguntas de carácter abierto, es decir, donde se deja responder abiertamente a cada encuestado y coincidían en mejorar el uniforme de esgrima. En concreto, la parte de la chaqueta que es la que más problemas daba a lo largo de entrenamientos y competiciones.

También la mayoría estaban de acuerdo en que la vestimenta actual no es lo tan transpirable como desearían.

Como conclusión los encuestados no son my partidarios de pensar en una mejora en el diseño del uniforme pero aun así, si existe un porcentaje considerable del 32% que si se lo plantea y apuesta por un cambio.



ILUSTRACIÓN 12: FIABILIDAD DEL SISTEMA DE MARCACIÓN

Esta pregunta sobre el sistema eléctrico actual de detección del golpe y su posterior transmisión es de respuesta única y la información obtenida es:

- Un alto 55% de los encuestados confían en el sistema de marcación actual
- Un 45% desconfía del sistema actual.

Ambos porcentajes están muy igualados y muestran un descontento general en el club de esgrima. Muchas veces el sistema de detección del golpe falla y no contabiliza bien, haciendo que el punto dependa de la visión de los árbitros. Este problema durante los entrenamientos puede llegar a ser menos importante que en ocasiones como una competición o una final olímpica.

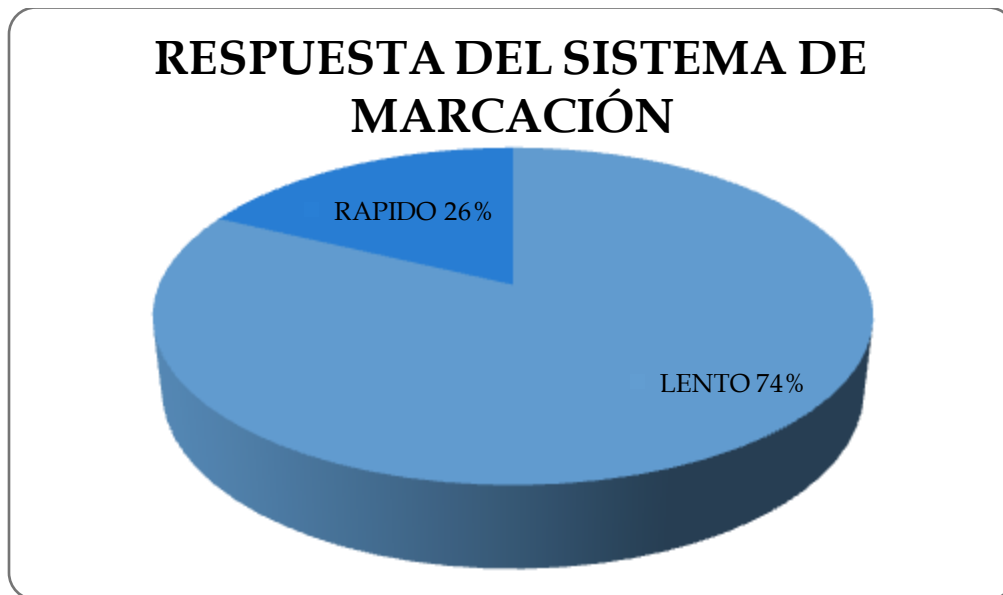
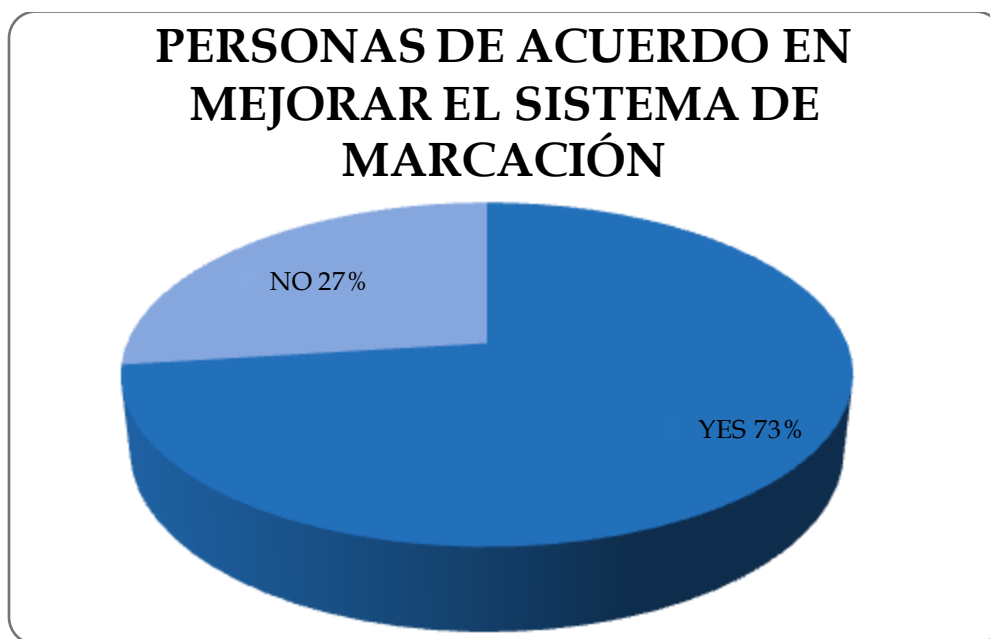


ILUSTRACIÓN 13: RESPUESTA DEL SISTEMA DE MARCACIÓN

Esta pregunta está relacionada con lo comentado en la grafica anterior. El sistema de puntuación actual no funciona como el usuario reclama y exige a través de estas encuestas un sistema más fiable, rápido y justo. Esto confirma la necesidad de planificar un nuevo sistema de puntuación mejor que el actual.



**ILUSTRACIÓN 14: PERSONAS DE ACUERDO EN MEJORAR EL SISTEMA DE
MARCACIÓN**

Por último esta pregunta sobre si se desea una mejora en el sistema actual de puntuación, muestra lo anteriormente enunciado. El 73% de los encuestados conocedores y practicantes del deporte de la esgrima si apuestan por una mejora y apoyan este proyecto viéndolo como una oportunidad de investigar y aplicar todos los avances tecnológicos, eléctricos y electrónicos que se escuchan en los medios de comunicación a este deporte el cual parece olvidado en las últimas décadas.

Los encuestados son muy claros con sus preferencias y sueñan con un sistema eficiente donde el golpe y el punto de juego quede totalmente claro además de permitirles visualizar en los marcadores varios duelos a la vez. Para ello como meta principal será sustituir el sistema de cableado actual por uno de comunicación inalámbrica que haga el movimiento mucho más fácil.

4.1.4 DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Una vez obtenido los resultados y realizado todos los análisis planificados, llega el momento de sacar conclusiones. Primero se buscarán desde un punto de vista objetivo, y luego se expondrán las mismas desde un punto de vista más personal.

El objetivo es analizar los resultados de las encuestas sobre las opiniones de deportistas y conocedores de la esgrima. Algunos resultados ya se esperaban a priori, y otros en cambio no estaban previstos.

Personalmente, el resultado más sorprendente fue ver que la mayoría de la gente pensaba que el traje de esgrima es difícil de llevar, ya que contienen una gran cantidad de piezas, entre las que están chaqueta, máscara, guantes y cable de comunicación entre el cuerpo y el marcador. El 78% de los encuestados desea un abaratamiento del material de la esgrima, cuyo precio alcanza más de 500 euros sin tener en cuenta el dispositivo electrónico que asciende a casi 3000 euros. Por otra parte, el 68% está de acuerdo con mejorar el diseño de la chaqueta para hacer la indumentaria más cómoda y permitir también una más fácil reparación de la misma.

Otra conclusión bastante significativa es que todos los encuestados están de acuerdo en afirmar que aunque la reacción del sistema de puntuación es confiable, también es lenta. En la pregunta de mejora del sistema de puntuación, el 79% de ellos respondieron que el actual sistema de puntuación podía ser mejorado, indicando que una de las cosas que debiera cambiar era el sistema de cableado. Este consiste en una comunicación a través de cable desde la chaqueta al marcador, siendo esto muy incomodo y reduciendo además la movilidad del deportista. También existe disconformidad con el arma, debido a que su material no es el más

adecuado y la opinión de los encuestados es que se debería fabricar con otro tipo material que reuniese mejores características que el actual.

En definitiva, el foco principal de la investigación debería orientarse hacia los la utilización de materiales inteligentes para diseñar un sensor y un sistema rápido y ligero de transmisión inalámbrica en lugar del sistema de cableado tradicional, resolviendo el principal problema planteado por los practicantes de este deporte.

4.2 SESIÓN DE LABORATORIO

QTC ha sido descubierto recientemente, y sabemos que la mayoría de sus aplicaciones se encuentran todavía en proceso de desarrollo, por lo que se estudiara un material que está a la vanguardia de la ciencia y la tecnología.

Para lograr los objetivos, se plantean dos diferentes líneas de estudio:

- Mecánica
- Electrónica

Ambas ayudarán a comprender las características del material QTC, ponerlas en práctica y compararlas con los conceptos teóricos. Además se intentará diseñar y desarrollar un prototipo plenamente funcional.

En esta parte se examinará la respuesta material a diferentes estímulos y los valores serán analizados y utilizados como referencia para el diseño del prototipo.

QTC son siglas proveniente del término ingles Quantum Tunnelling Composite y aunque su nombre suena complicado, resulta más fácil de comprender

el concepto de que su resistencia es variable según la intensidad de fuerza con la que es presionado.

Es por eso, que en la práctica se pretende demostrar cómo el material pasa de tener unas propiedades aislantes con resistencia casi infinita a asemejarse a un metal casi perfecto bajo el efecto de presión de la fuerza aplicada sobre el mismo.

Además se realizara una investigación paralela sobre medios electronicos de recepción y emisión de datos de forma inalámbrica con el fin de establecer una comunicación fiable entre los sensores y receptores.

4.2.1 LABORATORIO MECÁNICO

El estudio mecánico se centrará en las características del material QTC y en su respuesta ante la aplicación de presión sobre su superficie. Para ello será utilizado un sensor creado con el material QTC cuya finalidad sea detectar fuerzas de diferentes intensidades.

Dentro del estudio mecánico, se han considerado dos experimentos diferentes:

- Experimento estático
- Experimento dinámico.

En el primer caso, se ha trabajado con pesos fijos simulando fuerzas estáticas, el segundo caso por el contrario se ha estudiado la reacción del sensor ante estímulos externos procedentes de fuerzas dinámicas.

En ambos casos se ha trabajado con el denominado kit QTC, que consiste en un conjunto de elementos fabricado con plástico de metacrilato y con una placa de metal donde se aplica la carga para variar la resistencia. Este kit ha sido diseñado de manera que reduce el movimiento al mínimo cuando una fuerza es aplicada sobre el sistema. Esto es necesario puesto que la resistencia que se quiere medir es muy sensible y cualquier pequeño cambio ya sea en la posición del sensor o de la carga, puede alterar los resultados obtenidos. Este kit sirve de soporte para la píldora de QTC utilizada en el proyecto, que tiene un área de 4 mm x 2 mm y 1,5 mm de espesor.

Ver Ilustración 15.



ILUSTRACIÓN 15: IMAGEN QTC KIT

Como fue mencionado anteriormente, el material QTC no es fácil de testear debido a la variabilidad de las mediciones. Por esta razón, se adoptaron las medidas siguientes para obtener resultados razonables:

- Ambos experimentos se llevaron a cabo sobre una superficie plana para evitar el movimiento o desniveles.
- El sensor fue situado firmemente en su lugar mediante medios de sujeción que asegurasen una posición adecuada a lo largo del experimento.
- El cambio de las cargas en la plataforma fueron colocadas con extremo cuidado para alterar en la menor medida de lo posible los resultados.
- Se hizo una selección de herramientas para que el resultado obtenido estuviera dentro del rango de valores y número de lecturas apropiado.
- Recopilación de datos procedentes del osciloscopio.
- Análisis de datos y representación grafica de los mismos.
- Identificación de las tendencias que mostraban los datos y su variabilidad mediante aproximaciones a funciones polinomiales.

4.2.1.1 CASO ESTÁTICO

4.2.1.1.1 DESCRIPCIÓN

Siguiendo con la línea de exposición se pretende estudiar el cambio de la resistencia en la píldora de QTC bajo los efectos de una fuerza de presión.

Para ello se debe garantizar que el material se encuentra entre dos contactos metálicos conductores, de modo que exista una conducción eléctrica como si se tratara del circuito representado en la Ilustración 16.

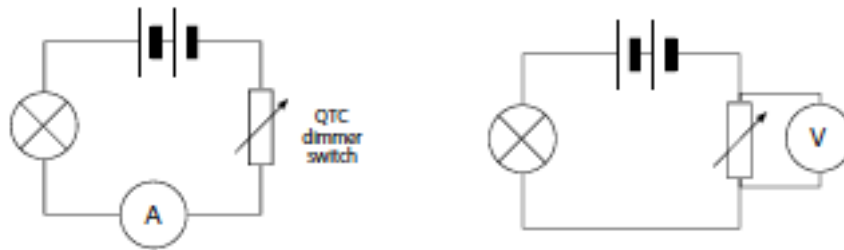


ILUSTRACIÓN 16: CIRCUITO CON MATERIAL QTC EN SERIE

(Consultado en "QTC a remarkable new material to control electricity")

En este caso se utiliza una fina hoja de plástico recubierta por ambos lados por papel de aluminio convencional debido a su elevada capacidad de conducción a temperatura ambiente, dejando un pequeño espacio en medio para la colocación de la píldora-sensor, de esta manera queda asegurado el paso de la corriente.

Ver Ilustración 15 y 17.

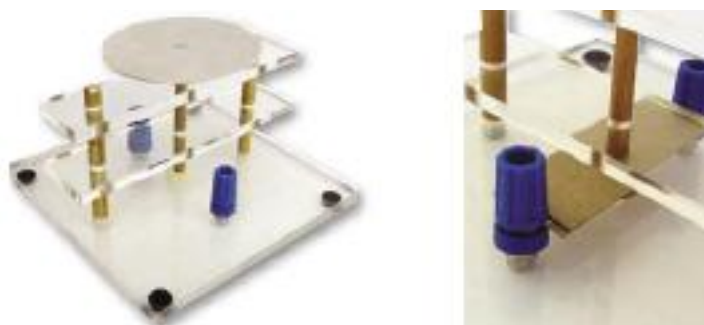


ILUSTRACIÓN 17: IMAGEN KIT QTC

(Consultado en "QTC a remarkable new material to control electricity")

Para analizar la variabilidad de la resistencia se ha utilizado el Kit de QTC, que ha sido conectado a un voltímetro digital. A su vez, también ha sido vinculado con el osciloscopio para estudiar el comportamiento del material al aplicar la fuerza de presión de manera estática, cuyo efecto se podrá ver con más detalle más adelante de manera grafica. Ver Ilustración 18.

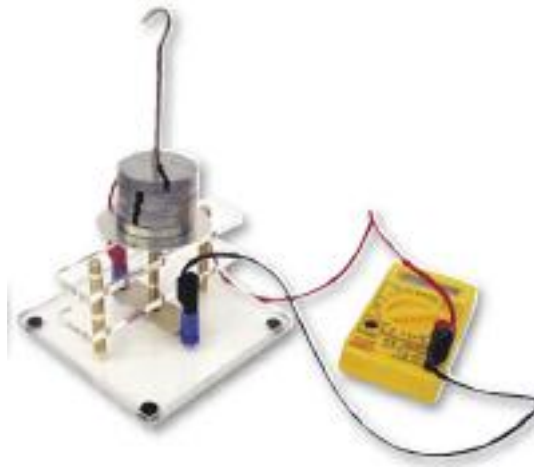


ILUSTRACIÓN 18: IMAGEN QTC KIT EN EXPERIMENTO ESTÁTICO

(Consultado en "QTC a remarkable new material to control electricity")

Para llevar a cabo el caso estático, a continuación se describen los pasos específicos seguidos en el experimento y los materiales necesarios para su ejecución:

- En el kit de prueba, se retiraron las tapas de color azul y se colocó la lámina de plástico con la capa de aluminio como se explicó anteriormente. Se situó el sensor en el centro de las dos láminas de aluminio. Se atornillaron las tapas de modo que aseguraron un buen contacto eléctrico.

- Los terminales se conectaron al voltímetro digital para obtener el valor de la resistencia y al osciloscopio para medir la variación de voltaje.
- La carga fue colocada en la plataforma de manera que al aplicar la fuerza se producía el cambio necesario en el material QTC.

Los materiales utilizados en esta sesión de prácticas se dan en la tabla siguiente:

TABLA 1: TABLA DE MATERIALES PARA EL EXPERIMENTO ESTÁTICO.

Material	Unidades	Descripción
Píldora QTC	3	La píldora QTC tiene un área de 1.5 mm de grosor.
QTC kit test	1	Fabricado por plástico de metacrilato con una placa de metal donde se aplicará la carga.
Voltímetro	1	Voltímetro que nos permite medir los valores de resistencia.
Cable	0,25	Cable normal.
Capa de plástico	3	Capa rígida y aislante de plástico.
Capa de Aluminio	0,05	Papel normal de Aluminio.
Pegamento	1	Pegamento normal y eficiente.
Pesos	2	Pesos de metal con medidas 1, 2, 3, 4 y 5 Kg.
Osciloscopio	1	TEKTRONIX 2230 Osciloscopio 100MHz 2 Canales.

Se pudo observar en la práctica, que la resistencia disminuye al ser aplicada una carga, a pesar de ello, se vio que el material requería un poco de tiempo antes de que el valor llegara a ser estable. Debido a eso, se fijó un tiempo entre las mediciones de 15 segundos, permitiendo obtener resultados más fiables.

NOTA: Todas las pruebas y recolección de datos fueron repetidos con el objetivo de tratar de obtener el menor número de errores posible y permitir una mayor fiabilidad.

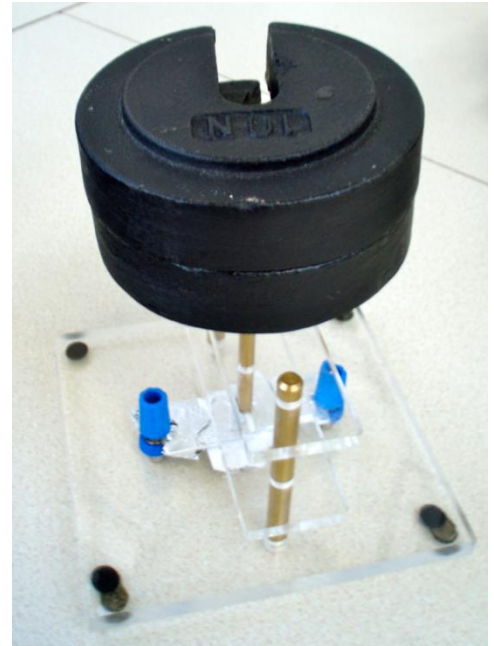


ILUSTRACIÓN 19: FOTO CASO ESTÁTICO

4.1.1.1.1 RESULTADOS

La siguiente tabla muestra los resultados de un conjunto de valores de resistencia que fueron tomadas con la utilización descargas cuyos valores en peso van desde 10kg a 0,9kg, utilizados en orden descendente.

TABLA 2: DATOS DE FUERZA Y RESISTENCIA PARA EL EXPERIMENTO ESTÁTICO:

FUERZA (N)	CASO1: RESISTENCIA (Ω)	CASO2: RESISTENCIA (Ω)	CASO3: RESISTENCIA (Ω)	MEDIA RESISTENCIA (Ω)
100	1.50	0.10	1.00	0.87
90	1.80	1.20	1.40	1.47
80	2.80	1.90	1.50	2.07
70	5.20	2.50	2.50	3.40
60	5.70	4.30	3.20	4.40
50	5.80	7.20	10.80	7.93
40	7.80	20.00	18.00	15.27
30	10.30	35.00	21.40	22.23
20	26.00	35.00	26.00	29.00
10	44.00	43.00	99.00	99.00
9	99.00	99.00	99.00	99.00

En este gráfico se muestra la media donde se estudia la variación de resistencia según la fuerza que se aplica:

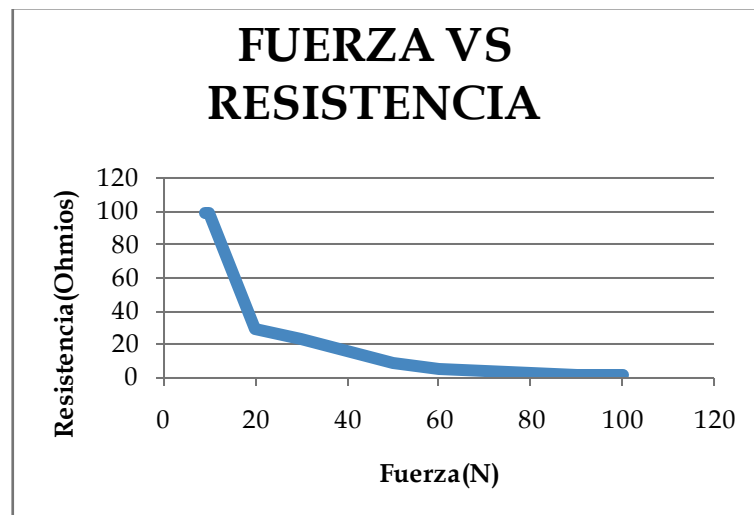


ILUSTRACIÓN 20: DATOS DE FUERZA Y RESISTENCIA PARA EL EXPERIMENTO ESTÁTICO

En primer lugar, se debe mencionar que los datos representados en la grafica son una media obtenida entre todas las pruebas realizadas para el experimento estático.

A partir de los datos expuestos en la anterior grafica se pueden observar variaciones significativas de la resistencia a medida que la fuerza va aumentando. Esta es una relación directa, si no hay fuerza se obtendrá una resistencia grande convirtiendo al material en un aislante y por el contrario si aplicamos una fuerza, la resistencia será disminuida, permitiendo que el material QTC actué como un conductor, convirtiéndose en un metal casi perfecto.



ILUSTRACIÓN 22: GRAFICA DE VOLTAJE PARA 10KG



ILUSTRACIÓN 21: GRÁFICA DE VOLTAJE PARA 0,9KG

Analizando las graficas resultantes a partir de los datos obtenidos del osciloscopio, se observa que la línea amarilla representa la variación de voltaje en el material y la línea verde la fuerza aplicada, ambas variables estudiadas en función del tiempo.

El primer gráfico muestra el efecto de una carga de 10 kg (las mediciones realizadas en la escala de 2V). El segundo muestra el efecto de una carga de 0,9 kg (las mediciones en la escala de 1V). Se ha demostrado que la resistencia mínima (aproximadamente 1Ω) es mucho menor que para la prueba correspondiente (aproximadamente el 99Ω).

4.1.1.1.2 CONCLUSIÓN

Al ejercer una gran fuerza de 100 N se puede dar como resultado un valor de resistencia en el material de QTC aproximadamente de cero. Por otro lado una pequeña fuerza de 9N puede obtener una variación en el sensor hasta llegar a 99 Ω .

Este parámetro ayuda a decidir el instante en el cual se produce el cambio de aislante a conductor del material en el momento de aplicación de una fuerza estática y estableciendo una relación inversamente proporcional entre la fuerza y la resistencia, esto es, a mayor fuerza menor resistencia y viceversa.

Esta información será adicional para el estudio del caso dinámico que se verá a continuación.

4.1.1.2 CASO DINÁMICO

En estas sesiones de laboratorio a diferencia del experimento anterior, se ha estudiado la variación de la resistencia en el material QTC cuando se le aplica una fuerza específica y el tiempo que tarda en recuperarse después del golpe.

4.1.1.2.1 DESCRIPCIÓN

En este caso, además del kit de QTC y la base de plástico con la capa de aluminio ha sido utilizado también un martillo de impacto. Esto ha permitido simular una situación similar al efecto real de un golpe de la esgrima.

Los materiales utilizados para llevar a cabo el experimento, se muestran en la tabla siguiente:

TABLA 3: TABLA DE MATERIALES PARA EL CASO DINÁMICO

Material	Unidades	Descripción
Píldora QTC	3	La píldora QTC tiene un área de 1.5 mm de grosor.
QTC kit test	1	Fabricado por plástico de metacrilato con una placa de metal donde se aplicará la carga.
Voltímetro	1	Voltímetro que nos permite medir los valores de resistencia.
Cable	0.25m	Cable normal.
Capa de plástico	3	Capa rígida y aislante de plástico.
Capa Aluminio	0.05	Papel normal de aluminio.
Pegamento	1	Pegamento normal y eficiente.
Resistencia	1	100k Ω
Martillo de impacto	1	Modelo HCS-2. Calibración de series 086
Tabla de Basic Stamp	1	Tabla de Basic Stamp fabricado por Parallax
Generador	1	Wavetek Function . Generator Model 162 NR
Condensador	1	0.9 μ F

Para conocer más sobre las características del "martillo de impacto" utilizado en la realización del experimento ver Anexo C. En él se explica el tipo y clase de martillo, su sensibilidad y la relación de fuerza y voltaje resultante tras su utilización.

En este experimento se utilizará un pequeño circuito eléctrico con una resistencia colocada en serie respecto a nuestro material. Se hará uso de un generador de 10V que hará circular una corriente por el mencionado circuito, de manera que pueda ser medida, con ayuda del osciloscopio, la variación de fuerza aplicada con el martillo de impacto y la variación de tensión resultante en el material QTC. Con estos datos se abstendrá la resistencia del material en función del tiempo. Ver ecuaciones Ilustración 26.

La intención del experimento es que el golpe del martillo de impacto se asemeje al golpe de una espada, para lo cual este impactará contra el kit QTC y este, consecuentemente, presionará la píldora.

Ver la Ilustración 23.

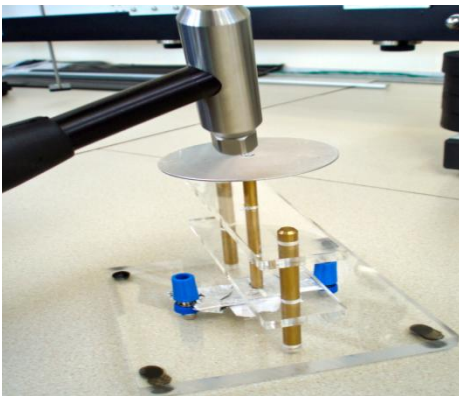


ILUSTRACIÓN 23: IMAGEN CASO DINÁMICO CON EL MARTILLO DE IMPACTO Y EL INTERFAZ PIEZOTRON COUPLER KISTLER 5112

Para iniciar el experimento se ejecutaron los siguientes pasos específicos para un mejor desarrollo:

- En el kit de la prueba, se retiraron las tapas de color azul y fue colocada la lámina de plástico con la capa de aluminio como se explicó anteriormente. Dispuesto el sensor en el centro de las dos piezas de láminas de aluminio se situaron las tapas de tornillo para asegurar un buen contacto eléctrico.
- La resistencia auxiliar fue dispuesto en serie con el material de QTC.
- Los terminales del osciloscopio fueron conectados en las tapas de color azul

- La alimentación del circuito fue limitada a 10 V.
- Para obtener cada medición se golpeaba con el martillo en el plato.

El objetivo era acercar la simulación al caso real del impacto de puntuación en un duelo de esgrima. Esto es posible por la integración del material QTC en la chaqueta del deportista y la detección del cambio del valor de la resistencia al detectar el golpe.

Con estos breves pasos que podrían utilizarse como manual de uso y desarrollo del experimento, resulta fácil seguir y repetir el proceso del estudio del caso dinámico.

Al margen de los pasos a seguir explicados anteriormente, también se ha de tener en cuenta el osciloscopio. Este está unido al martillo de impacto a través de un cable, para que de esta forma se pueda mostrar en pantalla de manera visual, la fuerza en voltios del martillo y los resultados obtenidos de la tensión en el material QTC.

Estos valores de fuerza en voltios posteriormente se procesan para obtener finalmente su valor en newton a través de una conversión determinada por el martillo de impacto que se explica a continuación.

Measurements		Messungen			
Configuration	Tip	9906(BLACK)	9906(BLACK)	9912(GREY)	9912(GREY)
	Extender	NONE	9924	NONE	9924
Sensitivity at 100 Hz	mV/N	2.55	2.59	2.30	2.44
	mV/lbf	11.35	11.53	10.22	10.85
Sensitivity	N/g•	4.05	3.99	4.50	4.24
Ratio at 100 Hz	lbf/g•	0.91	0.90	1.01	0.95

• $g = 9.807 \text{ m/s}^2$

ILUSTRACIÓN 24: VALORES DE CONVERSIÓN DEL MARTILLO



ILUSTRACIÓN 25: KIT DE MARTILLO DE IMPACTO

Además del cálculo para la obtención de la fuerza aplicada en newton, es necesario hacer otro cambio para obtener el valor de la resistencia en el material de QTC, ya que se ha medido la tensión en el material y no su valor en ohmios. Como es sabido, se ha creado un pequeño circuito eléctrico con $100\text{K}\Omega$ resistencia en serie con nuestro material y una fuente de 10 V, un circuito divisor de tensión que nos

permitirá conseguir los valores de la resistencia del material QTC para cada instante de tiempo usando las siguientes ecuaciones.

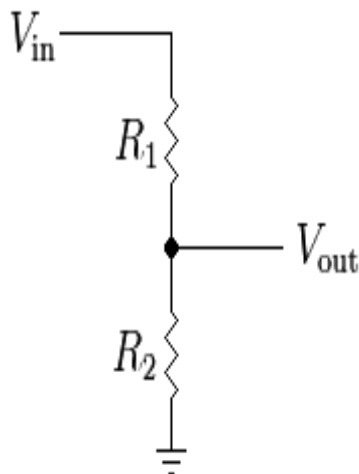
Asumiendo:

$$R1 = R_{qtc}$$

$$R2 = \text{Resistencia auxiliares} = 100 \text{ k}$$

$$V_{out} = V_{qtc}$$

$$V_{in} = \text{Potencia} = 10 \text{ V}$$



Ley de Ohm:

$$V = R \cdot I$$

$$V = (R1 + R2) \cdot I$$

$$I = \frac{V}{R1 + R2}$$

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{R1 + R2} R1$$

$$R1 = \frac{V_{out} R2}{10 - V_{out}} = \frac{V_{out} 100}{10 - V_{out}}$$

ILUSTRACIÓN 26: MODELO CIRCUITO ELÉCTRICO

Tras aplicar estas ecuaciones de divisor de tensión, son obtenidos los valores de resistencia del material QTC que son relevantes para el estudio de la investigación.

4.1.1.2.2 RESULTADOS

Después de la toma de datos del osciloscopio, se procede a su transformación y representación en gráficos. Además, se observa que en el momento en el que es aplicada la fuerza en el material QTC, se produce una variación de la tensión en este durante un tiempo de unos pocos milisegundos después de haber realizado el golpe sobre la "píldora".

Los siguientes gráficos muestran los datos recogidos utilizando el kit de prueba de QTC, circuito eléctrico y martillo de impacto siendo utilizadas las técnicas descritas anteriormente.

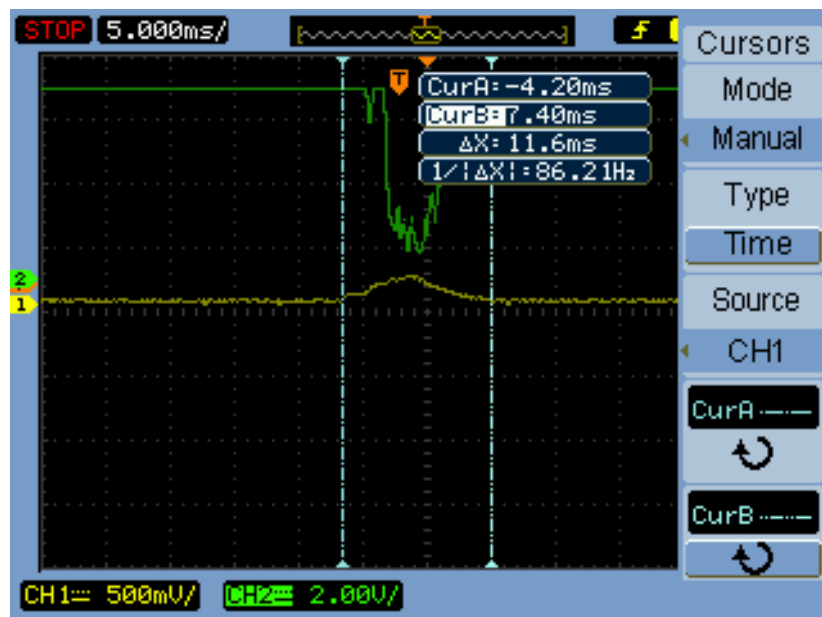


ILUSTRACIÓN 27: IMAGEN DEL OSCILOSCOPIO REPRESENTANDO QTC VOLTAJE Y FUERZA

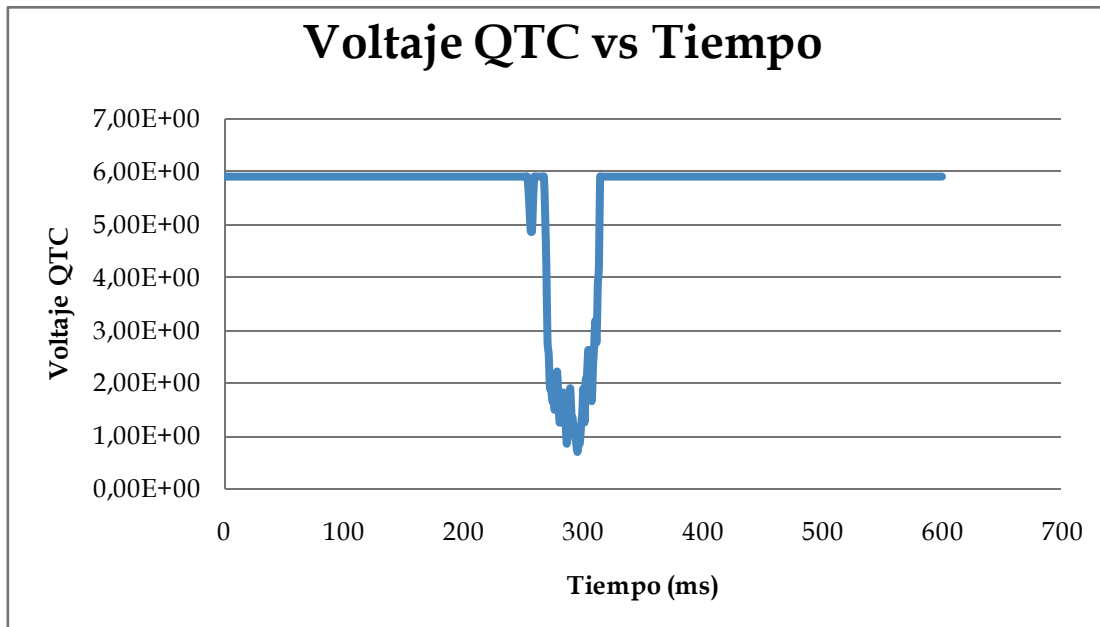


ILUSTRACIÓN 28: GRÁFICA QTC VOLTAJE

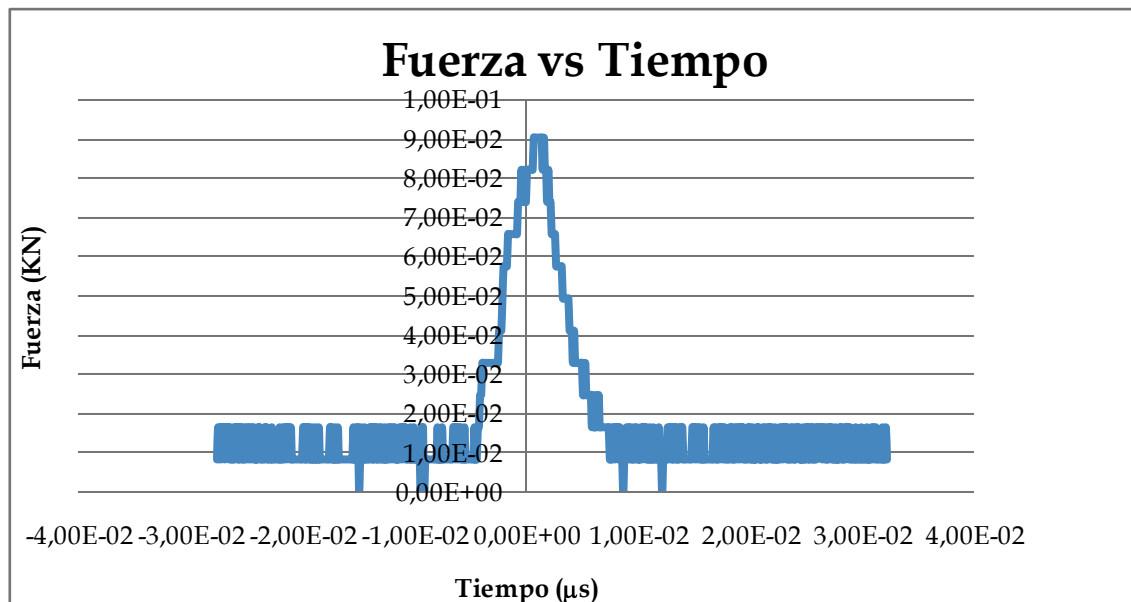


ILUSTRACIÓN 29: GRÁFICA FUERZA

La primera imagen mostrada, proviene del osciloscopio, en el cual se observa la línea amarilla representando la variación de la fuerza ejercida sobre el material. Por otro lado, la línea verde muestra el cambio de la tensión en función del tiempo al ser aplicada una fuerza de 90N por un cuerpo de masa igual a 9 kg.

Los siguientes dos gráficos son los mismos pero representados por separado con más detalle.

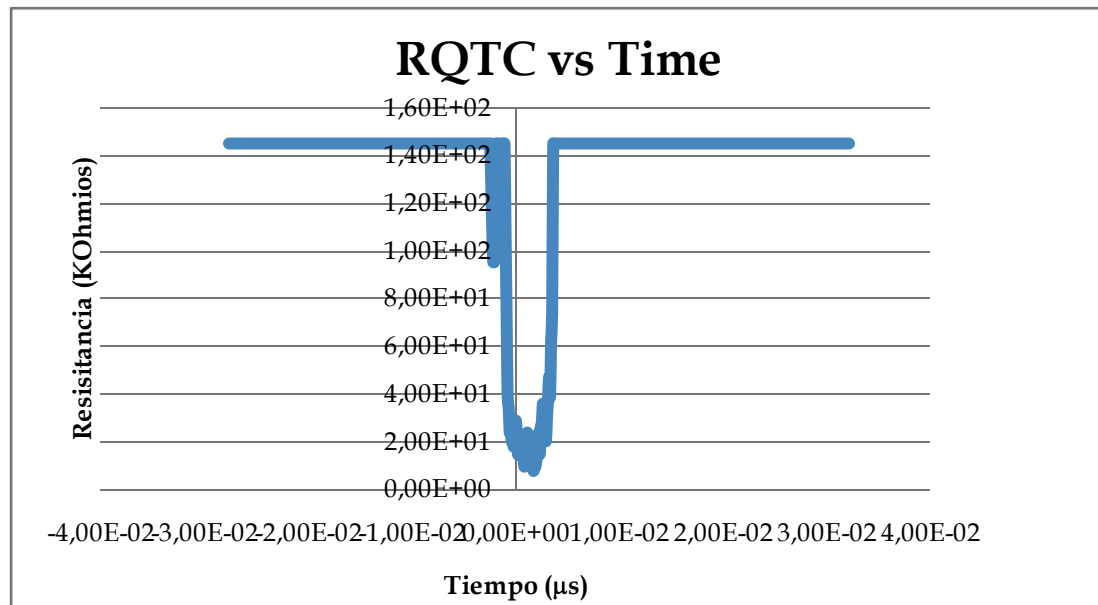


ILUSTRACIÓN 30: GRÁFICA RESISTENCIA QTC

En la graficase muestra que el golpe provoca la disminución de la resistencia en función del tiempo, desde un valor elevado hasta aproximarse casi a cero. Después de 25 ms, los 9Kg de carga consiguen una resistencia mínima de aproximadamente unos 10kΩ, lo cual significa que en 50ms de tiempo es capaz de volver a la misma forma tras la aplicación de una fuerza sobre el mismo.

TABLA 4: DATOS DEL EXPERIMENTO DINÁMICO

Caso	Fuerza Osciloscopio (Mv)	Fuerza N	Vqtc (v)	Average R ohms	I (mA)	t (ms)
1	220.00	90.16	1.28	14678.90	0.0872	24
2	300.00	122.95	1.54	18203.31	0.0846	27.6
3	440.00	180.33	1.84	22549.02	0.0816	27.2
4	620.00	254.10	2.18	27877.24	0.0782	12.8
5	280.00	114.75	2.20	28205.13	0.078	51.2
6	260.00	106.56	2.12	26903.55	0.0788	63.2
7	360.00	147.54	2.14	27226.46	0.0786	40.8
8	500.00	204.92	2.20	28205.13	0.078	36.4
9	680.00	278.69	2.28	29533.68	0.0772	30
10	340.00	139.34	2.24	28865.98	0.0776	29.2

Los datos expuestos en la tabla son un resumen de los datos registrados por el osciloscopio en función del tiempo y que se pueden consultar en el anexo C.

Esta tabla muestra diferentes pruebas dinámicas donde el martillo de impacto ha sido utilizado para obtener un valor de fuerza medida en milivoltios que son convertidos más tarde, en newton a través de la relación de conversión explicada en la figura 25. Estos valores de fuerza son muy elevados desde 90 a 278 newton que pueden simular un golpe fuerte con la espada.

También son recogidos los datos de tensión en el material QTC que ayudan a obtener el valor de resistencia del mismo, cuyos valores son primordiales para el posterior desarrollo correcto del diseño. Estos datos serán conseguidos a través de la ecuación de divisor de tensión explicada anteriormente.

Los valores de resistencia obtenidos, tienen un valor máximo cuando se le aplica la fuerza de entre 12 a 28 Kohmios, valores a partir de los cuales comenzaran a descender y a aproximarse a cero.

Por defecto, también es fácil calcular el valor de corriente que atraviesa el circuito, tratándose de corrientes muy pequeñas.

Por último, se obtiene el tiempo en milisegundos empleado desde el momento que en el material se aplica una fuerza y este comienza su transformación desde un material aislante a uno conductor.

Actualmente en el deporte de la esgrima y después de que la Comisión de señalización eléctrica de materiales y de las instalaciones (SEMI) sacara la nueva normativa en Agosto del 2004, los nuevos tiempos de funcionamiento de los aparatos de señalización eléctrica utilizados son los siguientes:

Arma	Prescripciones a modificar	Antiguas reglas	Nuevas reglas
Florete	Sensibilidad del aparato	1 a 5 ms	13 a 15 ms
	Tiempo del golpe doble	700 a 800 ms	275 a 325 ms
Sable	Tiempo del golpe doble	300 a 400 ms	110 a 130 ms

Se puede comparar con el experimento llevado a cabo y afirmar que nuestro material se ajusta satisfactoriamente con los tiempos exigidos en la FIE.

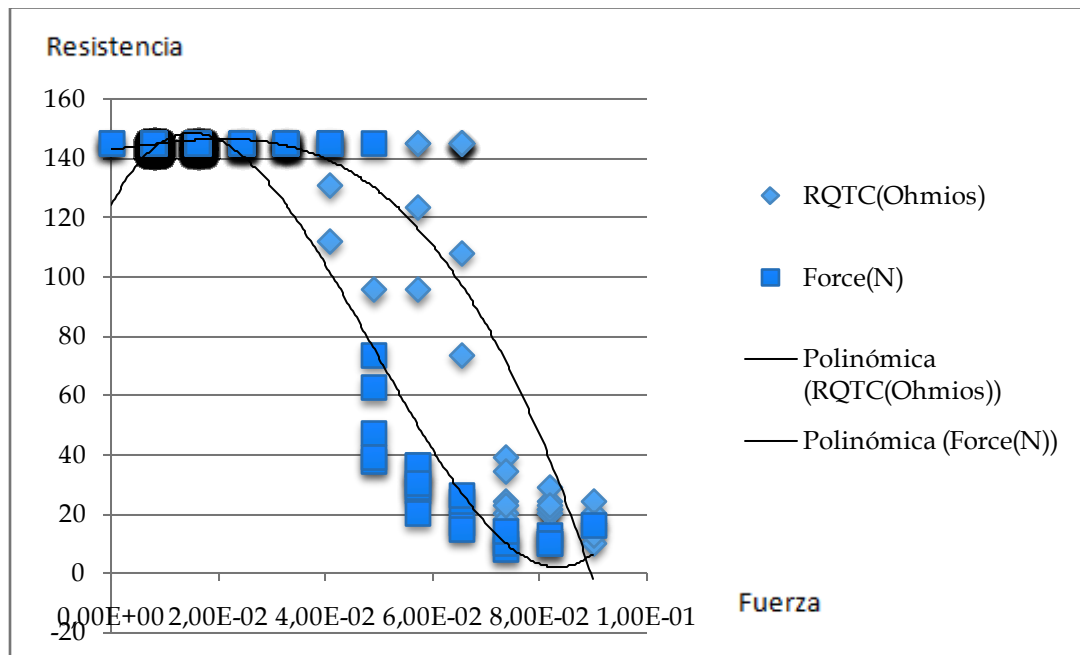


ILUSTRACIÓN 31 : FUERZA Y RESISTENCIA VS TIEMPO

La gráfica mostrada anteriormente, representa una forma de onda similar a un ciclo de histéresis, donde la resistencia es mayor cuando el valor de fuerza es mínimo y el valor de la resistencia es disminuido como resultado de la fuerza aplicada en el impacto con el martillo, llegando a un valor próximo a cero y es en este momento cuando inicia su proceso de recuperación, convirtiéndose poco a poco de nuevo en un material aislante. Por ello, nuevamente y de forma simultánea, el efecto de la fuerza es disminuido y la resistencia en el material aumentado.

Ver la Imagen 31.

La explicación de este fenómeno es debido a que al comprimir el material QTC, las nanopartículas de este, están más juntas y producen un aumento exponencial en la probabilidad de un efecto túnel y una disminución exponencial de la resistencia.

4.1.1.2.3 CONCLUSIÓN

La medición de la resistencia en esta sesión, no fue fácil porque existían distintos dispositivos que podían causar error, como era el caso del circuito eléctrico que a veces una mala conexión podía ser causa de fallo. También el aprendizaje con la novedosa herramienta del martillo de impacto era una parte desconocida.

Además debía ser considerado que cualquier pequeña fuerza podría alterar el valor de la resistencia, por lo que la acción simple de poner los cables en contacto con el kit de QTC podía afectar a la medición.

Para superar estos problemas fue revisado el circuito y el experimento fue repetido gran cantidad de veces con la intención de no provocar errores o al menos el menor número posible.

Otro inconveniente a tener en cuenta es un posible error de cálculo procedente de las diferentes transformaciones, ya fuera para la obtención del valor de la resistencia QTC o el valor de la fuerza aplicada con el martillo de impacto a partir de los voltios mostrados en el osciloscopio.



CAPÍTULO 5: DISEÑO DEL PROTOTIPO

En este pliego, se especifican las características estructurales y materiales necesarios que se requiere para el diseño del sensor con material QTC

Una forma hexagonal fue pensada para el diseño del sensor, por la creencia de que esta estructura posee ciertas ventajas para una fácil integración en textiles.

Se sabe que los hexágonos están en todas partes y son utilizados en la naturaleza, teniendo el panal de abeja como ejemplo más representativo de estructura hexagonal.

Algunas de las características de esta estructura son:

- Manera eficaz de agrupar objetos que tienen el mismo tamaño en un espacio mínimo.
- Fácil instalación.
- Buena resistencia.
- Bajo espesor total.
- Mejor aprovechamiento del espacio.
- Bajo peso específico.
- Fácil de cortar, a diferencia de materiales sólidos.
- Fácil de clavar, atornillar o poner remaches.

Considerando lo que se ha nombrado anteriormente sobre el diseño hexagonal, la idea propuesta para este proyecto se dividirá en tres capas, que comprenderán una capa interna con el sensor, una capa intermedia entre las otras dos capas y una capa final exterior donde se aplicará la fuerza. Su función es registrar el golpe con éxito y mantener una interfaz cómoda entre el usuario y los

elementos electrónicos, manteniendo siempre protegido al usuario de cualquier peligro.

Las dos capas, externa e interna, se fabrican con hexágonos de 2 cm de lado, con un aislamiento de plástico fino. Esta elección se debe a que implica la funcionalidad del tamaño en el momento de la integración en la industria textil y también en la eficiencia de golpe. Se ha intentado el experimento con hexágonos de varios tamaños, de 1.8, 1.5, 1.2 cm de lado. Este tipo de material elegido es este y no otro porque se considera la mejor solución para promover el uso cómodo gracias a la adaptación de los movimientos del cuerpo, debido a que es un material flexible y resistente con un diseño estructural que no impide el movimiento.

La primera de las capas, la capa externa recibe la fuerza, de modo que pueda enviar los datos a las zonas consecutivas. La base hexagonal tiene adherido una capa de material conductor (cobre adhesivo) a lo largo de la superficie interna, lo que permite el flujo de corriente a través del conductor de cobre laminado para comunicarse con los otros medios cuando se pulse el interruptor de la capa de aislamiento.

La capa intermedia es un simple tránsito a la zona del interior donde comunica capa externa y la capa interna la cual quedará más cerca de la piel.

La capa interior es una base hexagonal de plástico. En la capa más próxima a la zona intermedia se colocan tres pistas pequeñas de cobre con forma rectangular y con una superficie suficiente que permite el trabajo con las píldoras. En cada sensor se colocan tres píldoras de QTC haciéndolas corresponder a cada pista adhesiva de cobre.

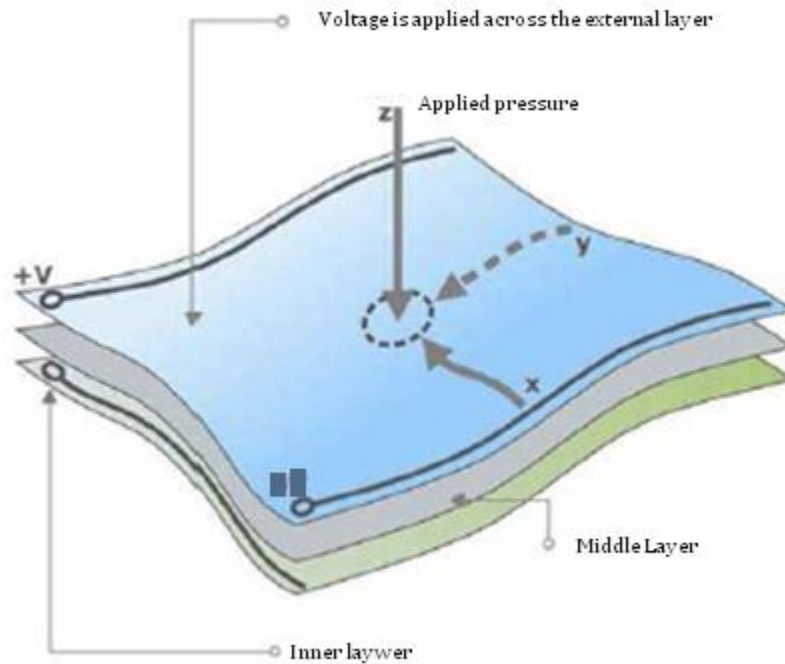


ILUSTRACIÓN 32: CAPAS PROTOTIPO

(Consultado en <http://aemac.org>)

El prototipo de sensor propuesto sigue el concepto mostrado en la figura 33, usando tres píldoras QTC para cada sensor. El objetivo del diseño es detectar el golpe de manera eficaz a través de la estructura, dimensiones elegidas para los hexágonos y disposición de las píldoras del material. Esto intenta desarrollar la mejor manera de conseguir el objetivo de garantizar que todas las acciones del campo donde se aplica el golpe sean registradas y el sensor pueda realizar su lectura.

Se puede ver en la tabla siguiente los materiales que se utilizó para este diseño.

TABLA 5: TABLA DE MATERIALES PARA EL DESARROLLO DEL DISEÑO HEXAGONAL.

Material	Unidades	Descripción
Píldora QTC	6	La píldora QTC tiene un área de 1.5 mm de grosor.
Cable	0.25m	Cable normal.
Capa de plástico	6	Capa rígida y aislante de plástico.
Capa Aluminio	0.1	Papel normal de aluminio.
Pegamento	1	Pegamento normal y eficiente.
Resistencia	1	220Ω
Tabla de Basic Stamp	1	Basic Stamp Board by Parallax.
Generador	1	Wavetek 30MHz Funcion Generator Modelo162 NR.
Condensador	1	0.1μF

5.1 ELECTRÓNICA. BASIC STAMP 2

Usando el programa BS2 para programar la placa integrada en el circuito eléctrico se pretende obtener el valor de la resistencia incluida en el mismo, al producirse la detección del golpe.

La forma de analizar el cambio de la resistencia es a través de la descarga de un condensador, que se explica a continuación. Así, a través de la medición del tiempo de descarga del condensador podremos conocer el valor de la resistencia en el material.

FUNCIÓN

Basic Stamp proporciona un procedimiento especial denominado RTime para medir el valor analógico de una resistencia variable. RTime mide el tiempo que tarda un pin en cambiar un estado a un valor determinado. Al conectar un

condensador fijo y una resistencia variable en un circuito RC, puede utilizar un pin I/O para medir el valor de la resistencia variable.

Se trabaja con parámetros tipo variable WORD, donde se almacena la duración del tiempo medido en unidades de 2 microsegundos. Esta herramienta está limitada por un tiempo máximo de 131,07 ms por lo tanto es posible afirmar que el tiempo de descarga siempre tendrá que ser menor a estos milisegundos.

EXPLICACIÓN

RCTIME es una función que se fundamenta en el tiempo que toma un capacitor en descargarse o cargarse. En otras palabras, esta función es capaz de medir capacitancia o resistencias de elementos desconocidos, como en este caso la resistencia del sensor QTC. Para medir la resistencia desconocida debemos fijar una capacitancia de valor conocido (1 microFaradio utilizado en este experimento).

Cuando se ejecuta la función RCTIME, este comienza un conteo de 2 microsegundos desde su valor inicial hasta su valor final, para este microprocesador el valor inicial comienza sobre los 1.5 Voltios y el valor final concluye cercano a los 5.0 Voltios, esto se puede apreciar mejor en la siguiente grafica.

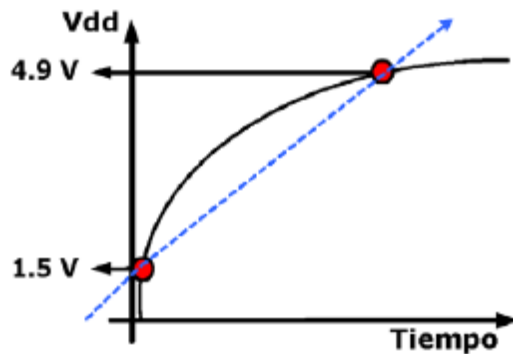


ILUSTRACIÓN 33: GRAFICA DE CARGA DE UN CIRCUITO RC

(Consultado en manual Basic Stamp")

Antes de utilizar RCTIME se debe tener en cuenta que el tiempo de descarga que se ha nombrado con anterioridad, no debe superar los 131ms. En el caso que se exceda, lo sabremos porque la variable mostrada en el programa nos dará cero.

El circuito utilizad se muestra en la siguiente figura:

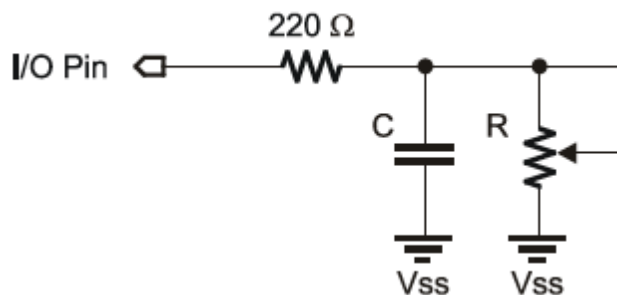


ILUSTRACIÓN 34: CONFIGURACIÓN ELECTRÓNICA PARA EL EXPERIMENTO ESTÁTICO

(Consultado en manual Basic Stamp")

Para comenzar, primero se descarga totalmente el condensador. Esto se consigue con dos simples instrucciones y colocando el condensador unido al pin de entrada correcto, en nuestro caso el pin 15.

```
Resultado VAR WORD 'Se define una variable tipo WORD  
HIGH 15 'Se descarga el capacitor polarizándolo (+5)  
PAUSE 1 'Espera un milisegundo para asegurar la descarga  
RCTIME 15,1, resultado 'Inicia la función RCTIME por el pin 15  
DEBUG DECS resultado 'Imprime el resultado del tiempo
```

Es necesario que el estado del pin sea +5 V para que se produzca 0 voltios a través del condensador, y por lo tanto se descargue.

En general la fórmula para calcular la carga o descarga RC es $t=RC$, donde t es el tiempo en segundos, R el valor de la resistencia y C el valor del condensador.

Esta es la formula general para la carga total desde un valor inicial de 0 Voltios hasta un valor final de la fuente de alimentación. Pero si se quiere tomar un valor inicial y un valor final y, además tener en cuenta que esta carga no sea ~~es~~ una función lineal sino más bien una función logarítmica, entonces se debe utilizar la formula siguiente:

$$tiempo = -\tau \left[\ln \left[\frac{V_{final}}{V_{inicial}} \right] \right]$$

Donde:

Tiempo: segundos

τ : $R \times C$

V_{final} : 5 Voltios

$V_{inicial}$: 1,5 Voltios

$$\ln\left[\frac{V_{final}}{V_{inicial}}\right] : \ln\left[\frac{5.0}{1.5}\right] : \ln[3.33] : [1.2039]$$

De forma simplificada tenemos la formula:

$$\text{Tiempo} = T \times 1,2039$$

$$\text{Tiempo} = R \times C \times 1,2039$$

Se calcula el ejemplo anterior para varias resistencias conocidas y un condensador con valor constante de 1 μF .

$$\text{Tiempo} = 56\text{K} \times 1\mu\text{F} \times 1,2039$$

$$\text{Tiempo} = 67 \text{ milisegundos}$$

En el BS2 67 milisegundos está por debajo del límite máximo de 131 milisegundos, realmente el resultado en variable sería el siguiente:

$$\text{Tiempo} = 67 \text{ milisegundos}$$

$$\text{Tiempo} = 67418\mu\text{s}$$

Como el contador mide cada 2 μs el resultado en variable es T/2 μs

$$\text{Variable} = 67418\mu\text{s} / 2\mu\text{s}$$

$$\text{Variable} = 33709$$

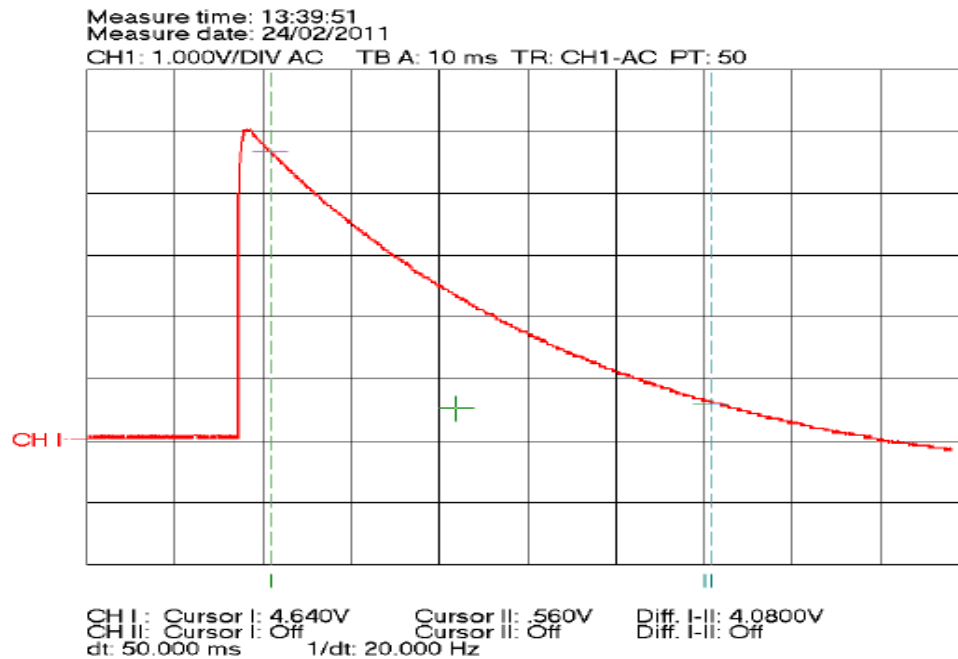


ILUSTRACIÓN 35: IMAGEN DEL OSCILOSCOPIO DE LA CARGA Y DESCARGA DEL CONDENSADOR PARA UNA RESISTENCIA DE 56K

Este resultado es el que obtenemos con una resistencia de 56K y un condensador de $1\mu\text{F}$.

Fijando el valor del condensador de $1\mu\text{F}$ y con una resistencia variable en un rango de 0,47k a 68K), se puede apreciar en la tabla 6. el rango de variación, el cual es directamente proporcional al valor de la resistencia, a mayor resistencia mayor es el tiempo obtenido.

A partir de esta tabla es fácil averiguar el valor real de la resistencia, bastara con dividir el resultado de la variable con el valor real de la resistencia, es decir, $33709/56=601,95$

TABLA 6: DATOS RESULTADOS

Resistencia K Ω	C μ F	Resultado
0,47	1	283
5	1	3009,75
10	1	6019,5
12	1	7223,4
18	1	10835,1
15	1	9029,25
22	1	13242,9
27	1	16252,65
33	1	19864,35
39	1	23476,05
47	1	28291,65
56	1	33709,2
68	1	40932,6

Esto se conoce como calibración.

En la tabla siguiente se puede apreciar que la división de la variable resultado con el valor real de la resistencia en cada caso se obtiene una constante. En la práctica esta constante se utilizara para luego obtener el valor real del dispositivo desconocido, en este caso la resistencia.

TABLA 7: TABLA DE CONSTANTES DE CALIBRACIÓN

Resistencia K Ω	C μ F	Constante calibración
0.47	1	601.95
5	1	601.95
10	1	601.95
12	1	601.95
18	1	601.95
15	1	601.95
22	1	601.95

27	1	601.95
33	1	601.95
39	1	601.95
47	1	601.95
56	1	601.95
68	1	601.95

En el caso de que se fije un condensador de $1\mu\text{F}$, el valor máximo de resistencia que el dispositivo Basic Stamp podría medir sin que sobrepasara el límite sería de 131ms.

$$\text{Tiempo} = R \times C \times 1,2039$$

$$R = \text{Tiempo} / C \times 1,2039$$

$$\text{Tiempo máximo} = 131\text{ms} = 0,131\text{s}$$

$$R = 0,131 / 1\mu\text{F} \times 1,2039$$

$$R = 108 \text{ K}\Omega$$

Por lo tanto para un condensador de $1\mu\text{F}$ y una resistencia de $108 \text{ K}\Omega$ el resultado en variable es de 64908. De esta manera se puede obtener la resistencia desconocida, sabiendo el valor del condensador y la variable dada por el programa Basic Stamp.

Otro punto importante a considerar es la resistencia R de 220 ohmios, la cual desempeña un papel de protección contra sobre corriente. Antes de medir la carga del capacitor hay que descargarlo totalmente. Esto se realiza con una función de salida HIGH. Cuando se descarga un capacitor, la corriente de descarga tiende a

infinito, en otras palabras, se produce un cortocircuito por un periodo muy breve de tiempo que afecta al microcontrolador.

Esta resistencia no afecta en lo más mínimo al circuito RC. BS2 cuando está en modo lectura, consigue que la resistencia de muestreo material sea extremadamente alta en comparacion con 220 ohmios.

R es grande en comparación con R220. Es decir, $R220/R \ll 1$.

Sin embargo, la descarga el capacitor se producirá durante al menos 4 constantes de tiempo, que equivale a 4 RC. Una vez que RCtime libera al condensador convirtiendo al pin en una entrada tristate. Entonces, el procedimiento mide cuánto tiempo tarda el condensador en llegar a la tensión para activar el pin de entrada a través del siguiente código:

```
Resultado VAR WORD 'Se define una variable tipo WORD
HIGH 15 'Se descarga el capacitor polarizándolo (+5)
PAUSE 100 'Espera 100ms para asegurar la descarga
RCTIME 15,1, resultado 'Inicia la función RCTIME por el pin 15
DEBUG DEC5 resultado 'Imprime el resultado del tiempo
```

Una vez entendido el funcionamiento del circuito RC y la lectura del microcontrolador Basic Stamp, se continua con el experimento , esta vez sustituyendo la resistencia conocida R por el material QTC, de tal manera que dependiendo del golpe que se aplique, se obtendrá una lectura diferente para cada caso.

TABLA 8: TABLA TIEMPO DE DESCARGA:

DEBUG Resultado	Resistencia K Ω	Tiempo descarga (ms)
586	0.975041597	4
1173	1.951.747.088	8
1858	3.091.514.143	12
2312	3.846.921.797	15
5418	9.014.975.042	36
8952	1.489.517.471	60
16489	274.359.401	110
19787	329.234.609	132
24184	4.023.960.067	161
29681	4.938.602.329	198

Después de obtener el valor de la resistencia a través de la calibración explicada anteriormente, se podrá obtener más información si se relaciona el valor en Kohmios con la fuerza en Newton a través del experimento dinámico con el martillo de impacto donde se estudio una relación estrecha entre la fuerza aplicada en el material y la resistencia obtenida mostrada a continuación.

TABLA 9: TABLA RELACIÓN RESISTENCIA Y FUERZAS

DEBUG Resultado	Resistencia K Ω	Tiempo descarga (ms)	Fuerza (N)
586	0,97	4	6
1173	2	8	12
1858	3	12	19
2312	4	15	24
5418	9	36	55
8952	15	60	92
16489	27	110	169
19787	33	132	202
24184	40	161	247
29681	49	198	304

Por lo tanto, estos datos ayudan a escribir el programa y a concluir que para fuerzas a partir de 5N que es lo mínimo exigido por la FIE (Federación Internacional de Esgrima) se emplea un tiempo muy pequeño, aproximadamente de 4ms cuando la resistencia del material tiene un valor de 0,97 K Ω . El material ha sido testeado con valores de fuerza muy superiores a los que se utilizarían en un principio en el juego de esgrima, hasta alcanzar una fuerza de casi 303N, consiguiendo aun así un valor de tiempo de registro muy inferior al utilizado en los tiempos de contacto y bloqueo de los aparatos actuales de señalización eléctrica de la esgrima.

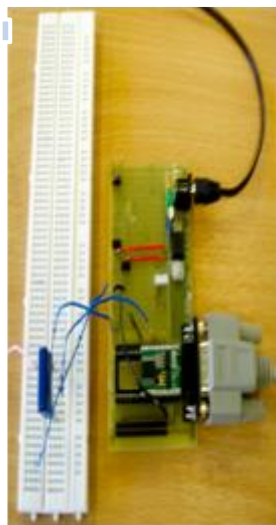


ILUSTRACIÓN 36: CONEXIÓN A TRAVÉS DE CABLE.

5.1.1 TRANSMISIÓN DE DATOS

La parte electrónica está vinculada a la hexagonal a través de cables que conectan las dos capas, externa y el circuito electrónico interno.

Ambos utilizan adhesivo para mantener el cable conectado.

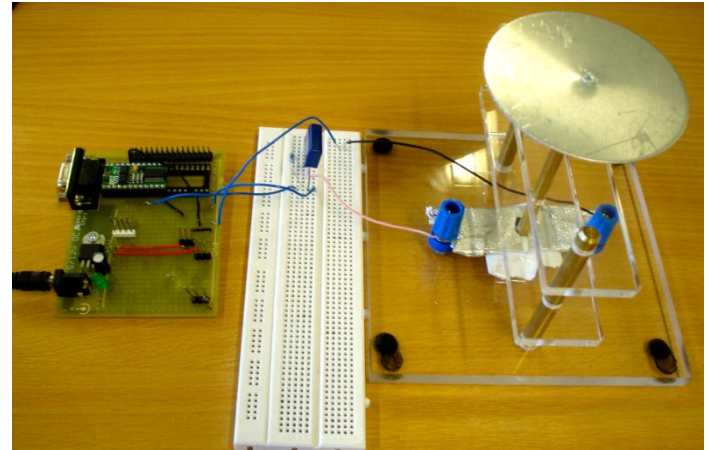
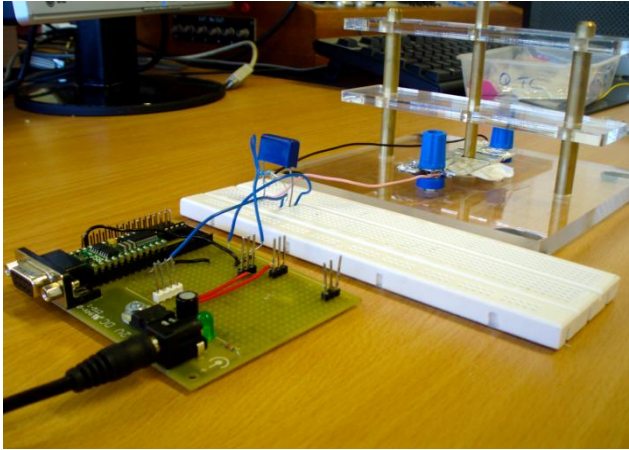
En el caso de la capa externa tiene que pegar la cinta adhesiva en el lado del conductor del hexágono.

En la capa interna, se une con la cinta de cada cable que se inicia en cada una de las piezas de cobre.

Se trata de mantener el cableado unido, pero no toda la superficie del hexágono, ya que puede crear una presión en el interruptor y hacer que el sistema se vea afectado.

Los cables conductores de datos viajan en el borde del hexágono y se conectan a la computadora que muestra el marcador de datos. Esto se hace a través del circuito auxiliar conectado al microcontrolador Basic Stamp que proporciona un control efectivo y la lectura de los golpes.

El microcontrolador dispone de 15 pines que permite la entrada de datos y su posterior transmisión.

**ILUSTRACIÓN 37: KIT ELECTRÓNICO.**

Resumiendo, la comunicación puede describirse en los siguientes pasos:

- El usuario da un golpe
- El microcontrolador situado en la chaqueta realiza la gestión de las señales de entrada desde los sensores y envía señales a través del puerto serie RS2323 hacia el programa basic stamp que lee los datos y contabiliza los golpes e incrementa el contador por cada uno de ellos, reproduciendo en pantalla un marcador que simula un caso parecido a un duelo real de esgrima.

La comunicación se transfiere a través de cable puerto serial RS232, pero la idea es hacerlo de forma inalámbrica vía Bluetooth, así que debe sustituir al puerto serie RS232 por dos Bluetooth RS232, un transmisor en el microcontrolador y un receptor en el equipo.

La meta es obtener una señal que se transmita a través de Bluetooth para que el marcador pueda recibirlo, mostrarlo e incrementarlo en un punto a su favor.

Este proceso establece el canal de comunicación entre los competidores y el marcador digital que muestra los resultados para el usuario.

Esto se logra a través del lenguaje de Bs. 2 en el Apéndice D.

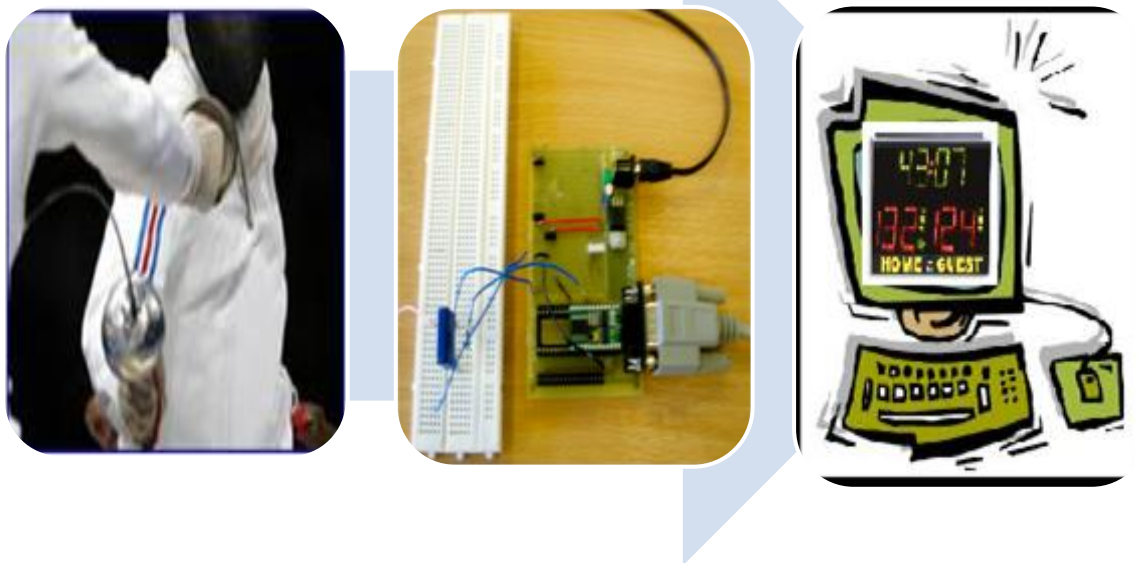


ILUSTRACIÓN 38: PLAN DEL PROCESO

RIESGOS DE LA DIRECCIÓN DEL PROYECTO

El apartado de Gestión de Riesgos es un importante punto a tener en cuenta para el desarrollo del proyecto. Esto permite predecir algunos riesgos antes de empezar la investigación. Por lo tanto, su inclusión puede llegar a manejar y minimizar daños.

- Error de cálculo: la distracción humana, descuidos y demás, son las principales causas de errores de cálculo.
- Incertidumbre de riesgo: Corresponde al riesgo impredecible de que suceda un accidente.
- Ajuste incorrecto: Ya sea por causa, bien de simulación o configuración incorrecta, el sistema arrojará un mal resultado.
- Resultados no aptos: Resultado que están fuera de la predicción.

Desde el análisis de riesgo, se pueden predecir los factores posibles que pueden poner en peligro la ejecución del desarrollo. Se puede predecir el riesgo posible. Por lo tanto, antes de iniciar un proyecto se pretende encontrar soluciones a priori de posibles daños aun no sucedidos, es decir, prevenir. Una solución para evitar daños y el desarrollo se lleve a cabo más fácilmente, se propone las siguientes acciones:

Para evitar el error de cálculo debido a descuidos humanos, se ha de ser más cuidadoso mientras se realizan las operaciones.

Para una posible configuración electrónica incorrecta, se ha de solicitar ayuda experta a personal cualificado para verificar el circuito y comprobar que todo es correcto.

Para el riesgo de incertidumbre se puede prestar más atención y tener en cuenta mayor tolerancia en nuestros cálculos.

Para completar este informe, este mismo se puede dividir en tres tareas principales que serán mostradas a continuación

Primera fase (investigación de antecedentes y redacción de informes) se trata de una tarea de escritura. Se debe tener cuidado en no hacer uso excesivo del ordenador y hacer un breve descanso para evitar la vista cansada o fatiga.

Segunda etapa. La tarea incluye la visita al deporte de esgrima, una breve entrevista y un cuestionario a los miembros del club de esgrima, gerentes técnicos y conocedores del deporte, que han participado y nos han explicado sus conocimientos sobre el deporte y nos han informado de las deficiencias que existen en el juego actual, además de darnos su opinión sobre la idea propuesta en este proyecto. Estos datos se adjuntan en el anexo A

Los datos personales recogidos en los cuestionarios son completamente anónimos. Estas personas han sido informadas sobre el proyecto y la finalidad de la recogida de datos. Acreditando con ello, que las personas que no han querido cooperar con esta actividad, por supuesto, no han sido forzadas ni coaccionadas a hacerlo. De todos modos que la información que proporcionan no será revelada a terceros que no estén relacionados con el contexto de la investigación.

Tercera etapa (diseño y simulación)

Los riesgos encontrados en esta etapa y su correspondiente solución en relación a una posible incorrecta configuración electrónica han sido comentados con anterioridad.



CAPÍTULO 6: PRESUPUESTO

En este capítulo se procede a la exposición del presupuesto estimado para desarrollar el proyecto de aplicación de materiales inteligentes a la esgrima y su correspondiente comparación con los costes del material actual utilizados en el deporte.

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Escuela Politécnica Superior

PRESUPUESTO/ESTUDIO ECONOMICO

1. **Autor:** Maria Perez Valero.
2. **Departamento:** Ciencia e ingeniería de Materiales e Ingenieria Quimica.
3. **Descripción del Proyecto:**

A continuación será mostrado el costo necesario para llevar a cabo un proyecto comercial del prototipo de sensor QTC en chaquetas para el deporte de la esgrima.

Análogamente se ha realizado un estudio del precio del actual traje de la esgrima que podría servir de referencia para la producción y la investigación de mercados.

Equipo	Descripción	Cantidad	Coste (Euros)	% Uso dedicado al proyecto	Coste total
Pildoras QTC	Con área de 1.5 mm de grosor	550	0.3	100	165
Basic Stamp Board	Basic Stamp board fabricado por Parallax	2	35	100	70
Puerto serial	RS 232 Bluetooth	1	150	100	150
Cableado	Cable electrico aislado	0.5m	5	100	5
Camiseta	Camiseta de algodón de 52x72cm	1	2	100	2
Ordenador	ACER ASPIRE	1	1500	100	1500
					1892

TABLA 10: PRECIO ACTUAL DEL MATERIAL PARA ESGRIMA

Equipo	Descripción	Cantidad	Coste (Euros)
Chaqueta	Chaqueta eléctrica de esgrima FIE 800N	1	352.18
Cazoletas y enchufes	Cazoleta electrica PBT	1	55.31
Dispositivo electronico	Elemento para la detección y transmisión del golpe	1	3000
Coste total			3407.49

(Consultado en <http://www.allstar-fencing.co.uk/>)

La primera tabla refleja un cálculo aproximado del precio que alcanzaría el desarrollo del proyecto de sensores QTC en la esgrima. Este valor difiere en gran medida al mostrado en la segunda tabla, donde se estima el coste total del equipamiento de esgrima que sería sustituido por la idea explicada en este proyecto.

“El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de 1892 EUROS”

CONCLUSIÓN

El proyecto se basa en el novedoso material QTC, este es un material que todavía se encuentra en vías de investigación y se presenta hoy como el futuro de la industria textil. Pese a que el ámbito de estos nuevos materiales inteligentes esta aún fuera del alcance del público general, es un sector que está creciendo rápidamente y haciéndose un hueco en un mercado muy competitivo.

El uso que se da al material en este proyecto, es una aplicación en campo deportivo, concretamente en la esgrima. El proyecto describe el primer paso necesario en la investigación del material para así abrir una posible via de desarrollo para sus aplicaciones en el futuro.

La investigación ha permitido conocer en más profundidad el deporte de la esgrima, su técnica, indumentaria y sistema de marcación. A su vez se han ampliado los conocimientos sobre materiales, en este caso materiales inteligentes con sus características y aplicaciones.

El estudio se ha centrado en el material QTC (Quantum Tunelling Composite) profundizando en los datos teóricos disponibles, para luego ser comparados de manera experimental, primero en el laboratorio y luego en la elaboración del prototipo.

Paralelamente los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera sobre electricidad han sido muy útiles a la hora de realizar el experimento y el desarrollo del prototipo. Sin embargo la parte electrónica, concretamente la programación ha planteado más problemas a la hora de crear el programa de lectura, proceso, y análisis de los datos obtenidos del sensor.

A la luz de los datos arrojados en la encuesta planteada a los miembros del Club de Esgrima de Madrid, y posteriormente la entrevista con su director general, queda patente la necesidad de implantar mejoras en el sistema de marcación y puntuación, que claramente no ha evolucionado a la misma velocidad que los tiempos en los q vivimos y ha quedado relegado a un sistema en el cual la subjetividad del árbitro tiene un papel importante. Por ello este proyecto abre una línea de investigación que puede solucionar dos de los principales problemas planteados por los encuestados, como son el sistema de cableado a la hora de transmitir los datos y su consecuente restricción de movimientos, y a su vez eliminar el cableado interno del arma proporcionando una mayor resistencia a la rotura.

El proceso seguido en el laboratorio sobre el estudio de las características del material ha proporcionado datos concluyentes y satisfactorios para posibles aplicaciones del material en el deporte de alta competición.

En primer lugar ha sido llevado a cabo un experimento sobre fuerzas estáticas, las cuales confirman el comportamiento esperado del material QTC, variando su resistencia interna transformándose de un material aislante a un conductor cuando una fuerza de presión es aplicada sobre el mismo. De esta forma, es posible establecer una relación inversa entre fuerza y resistencia, en la cual a mayor fuerza aplicada, menor resistencia es obtenida en el material.

En segundo lugar se realizó un estudio de aplicación de fuerzas dinámicas. Este experimento comprueba el hecho de que la resistencia del material es capaz de variar en un corto periodo de tiempo tan pequeño como milisegundos al ser aplicada una fuerza dinámica similar a la fuerza ejercida por el participante en la competición de esgrima. De aquí, es posible concluir que el material objeto de estudio cumple con los tiempos exigidos por la normativa de esgrima FIE y mejorando los actuales en gran medida.

A la hora de recopilar ideas para el diseño del sensor se han seguido modelos de integración de la electrónica en la industria textil basada en la idea de “smart textil” en aplicaciones militares.

En primer lugar se ha optado por un diseño hexagonal para la zona de detección del sensor usado en la chaqueta de esgrima al ser una forma geométrica que permite un fácil enlace entre múltiples sensores. El prototipo se ha creado con la fabricación de unos materiales resistentes y flexibles que permiten la perfecta integración en el textil y movilidad del jugador para practicar el juego de la esgrima sin restricciones físicas externas.

En segundo lugar a la hora de registrar los datos proporcionados por el sensor se requiere el uso de un microprocesador del tipo Basic Stamp. Este se encarga de la simulación, transmisión de datos y su posterior verificación del correcto funcionamiento.

Los datos registrados son transmitidos a través del puerto serial RS232 a un ordenador por medio de cable, aunque se propone sustituirlo por un puerto serial Bluetooth permitiendo la transmisión inalámbrica.

Por último, los datos recibidos en el ordenador son procesados y analizados basándose en la intensidad del golpe registrado por el sensor. Si el golpe es considerado como válido, será computado y aparecerá reflejado en el marcador. La simulación del marcador ha sido conseguida a través de un lenguaje sencillo utilizado en el programa BS2 el cual es capaz de leer el valor del golpe y analizarlo.

Al final del proyecto se dedicará una sección con ideas para un desarrollo futuro y un plan de trabajo para posteriores estudios de investigación que ayuden a continuar la propuesta planteada en este proyecto.



Finalmente, concluir que el proyecto ha servido para aplicar todos los conceptos e ideas aprendidas en la carrera y a su vez adquirir otros conocimientos nuevos, se ha estudiado el material propuesto en laboratorio para demostrar que sus peculiares características y rápida respuesta podían ser aplicadas en el juego de esgrima mejorando los problemas actuales de puntuación.



CAPÍTULO 7: DESARROLLO FUTURO

En este apartado se proponen trabajos futuros cuyo estudio puede ser de gran interés para complementar el presente proyecto

La investigación de materiales inteligentes, hoy en día está tomando gran importancia. El presente proyecto se ha encargado de estudiar el potencial del material QTC en la aplicación en textiles y su uso como sensor para reconocer los golpes con éxito en el deporte de esgrima. Este concepto puede ser desarrollado más ampliamente a través de la unión de las ideas del proyecto y de algunas propuestas expuestas a continuación.

La idea recomendada para continuar el proyecto, es aplicada principalmente al diseño.

Para lograr una mejor integración de la electrónica se ha pensado en la idea de la impresión de matrices de sensores en la industria textil proporcionando así información sobre la localización del golpe pero con un diseño más ligero y más oculto. Esta idea se toma de GTWM Smart camisetas utilizadas con fines militares.

El GTWM es un tejido con un sistema de membrana simple en fibras ópticas de plástico y otros hilos especiales integrados en la estructura del tejido. El GTWM identifica la ubicación exacta del problema físico o lesión y transmite la información en cuestión de milisegundos. Estas herramientas, junto con la idea que se explica en este proyecto, se podrían avanzar en el mundo de la esgrima, la transmisión de información fiable sobre la localización exitosa de cada golpe y sin dejar dudas o dar trabajo a los árbitros.

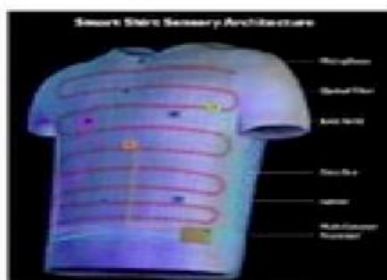


ILUSTRACIÓN 39: THE SMART SHIRT

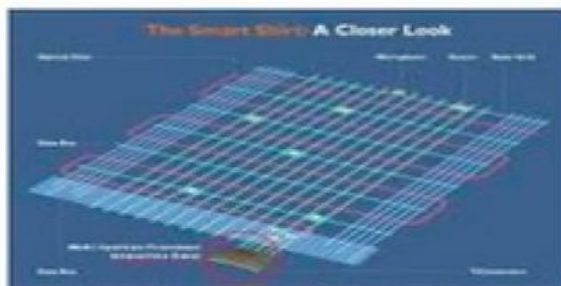


ILUSTRACIÓN 40: DETALLE OF THE SMART SHIRT

ANEXOS

En las siguientes páginas se adjunta documentos relacionados con la investigación, a los cuales se hace referencia a lo largo del proyecto.

Estos documentos son:

- *ANEXO A Carta de presentación y encuesta.*
- *ANEXO B Características del martillo de impacto.*
- *ANEXO C Datos recogidos del osciloscopio en el experimento para el caso estático.*
- *ANEXO D Programa Basic Stamp2*



ANEXO A: CARTA DE PRESENTACIÓN Y ENCUESTA



María Pérez

Universidad Carlos III de Madrid

Estimado Sr. /Sra.

Mi nombre es María Pérez, estoy estudiando el último curso de Ingeniería técnica Industrial en la Universidad Carlos III de Madrid.

Durante el proyecto final de carrera, se está llevando a cabo una investigación sobre el uso de materiales inteligentes en el traje de la esgrima. Para este estudio, tengo la intención de diseñar un nuevo producto que ayuda a los entrenamientos y competiciones de esgrima.

Estaré muy agradecido si usted pudiera dedicar unos minutos de su tiempo para completar este breve cuestionario adjunto. Sus opiniones ayudarán a desarrollar el proyecto y crear un nuevo diseño de chaqueta para la esgrima.

Este cuestionario es totalmente anónimo y los resultados serán utilizados sólo para ayudar en la investigación del proyecto.

Gracias por su cooperación.

Saludos cordiales.

Maria Perez

SOBRE TI...

1. Relacion con el deporte de la esgrima
2. ¿Desde cuándo lleva relacionado con el mundo de la esgrima?
3. Sexo
 - a. Femenino
 - b. Masculino
4. Edad
5. Nacionalidad

SOBRE EL TRAJE DE ESGRIMA...

6. ¿Es cómodo el traje de esgrima?
 - a. Si
 - b. No
7. ¿Por qué? (Contestar si se ha elegido “Si” en la pregunta anterior)
 - a. Pesado
 - b. Ligero
 - c. Rapido de poner
 - d. Facil de romper
 - e. Limpio
 - f. Sucio



8. ¿Con que frecuencia limpia el traje de esgrima?
9. ¿De qué material está fabricado?
10. ¿Lo considera caro?
 - a. Si
 - b. No
11. ¿Sabria decirnos el precio?
12. ¿Mejoraria el diseño?
 - a. Si
 - b. No
13. ¿Qué parte?(Contestar si se ha elegido “Si” en la pregunta anterior)
14. ¿Cómo?
15. ¿Es lo suficientemente transpirable?
 - a. Si
 - b. No

SORE EL SISTEMA ACTUAL DE PUNTACION.

16. ¿Es fiable la transmisión del golpe?
 - a. Si
 - b. No

17. ¿En qué ocasiones no es fiable? (Contestar si se ha elegido “No” en la pregunta anterior)
18. ¿Es lenta la transmisión del golpe después de haber efectuado el ataque?
- a. Si
 - b. No
19. ¿Cree en la necesidad de mejorar el método de detección de golpes actual?
- a. Si
 - b. No
20. ¿El marcador solo muestra los combates individuales?
- a. Si
 - b. No
21. ¿Es capaz el marcador de mostrar varios combates simultáneamente?
- a. Si
 - b. No
22. ¿Considera correcto el funcionamiento del marcador digital?
- a. Si
 - b. No
23. ¿Haría alguna mejora?
24. ¿Considera que un sistema de puntuación inalámbrico aplicado en la esgrima sería una mejora para el desarrollo del juego?



a. Si

b. No

TIEMPO PARA IMAGINAR...

25. ¿Tiene alguna idea que piense que podría facilitar el juego de la esgrima y que actualmente no se está aplicando?

a. Si

b. No

26. ¿Cual? (Contestar si se ha elegido “No” en la pregunta anterior)

Si está interesado en recibir un resumen de los resultados obtenidos en la encuesta, por favor escriba su correo electrónico.

Escriba si tiene algún comentario o sugerencia.

Muchas gracias por su colaboración.



ANEXO B: CARACTERÍSTICAS DEL MARTILLO DE IMPACTO.

**CALIBRATION CERTIFICATE
IMPULSE FORCE HAMMER****KALIBRIERSCHEIN
IMPULSHAMMER**

Type	Typ	9724A2000
Serial No	Serien-Nr	2060055
Operating Temperature Range	Betriebstemperaturbereich	°C -20 ... 70
Measuring Range	Messbereich	N 2000
Measuring Range	Messbereich	lbf 500

Measurements **Messungen**

Configuration	Tip	9906(BLACK)	9906(BLACK)	9912(GREY)	9912(GREY)
	Extender	NONE	9924	NONE	9924
Sensitivity	mV/N	2.55	2.59	2.30	2.44
at 100 Hz	mV/lbf	11.35	11.53	10.22	10.85
Sensitivity	N/g•	4.05	3.99	4.50	4.24
Ratio at 100 Hz	lbf/g•	0.91	0.90	1.01	0.95

$$\bullet g = 9.807 \text{ m/s}^2$$

Ambient Temperature	Umgebungstemperatur	°C 22 ± 4
Relative Humidity	Relative Feuchte	% 30 ± 30
Calibrated by	Kalibriert durch	Paul DeGroodt
Date	Datum	06/02/08

This Sensor was calibrated per Kistler Test Procedure 978-8121-701 using a comparison technique against a Kistler Working Standard. Kistler Working Standards are periodically calibrated against a Kistler Reference Standard System which in turn is periodically recertified and traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST). It is derived from accepted values of natural physical constants according to the International System of Units (SI). Kistler's calibration system meets or exceeds the requirements of MIL-STD-45662A, ANSI/NCCL Z540, ISO 9001:2000 and ISO/IEC 17025. Kistler's Calibration Laboratory is accredited to ISO/IEC 17025 by ACLASS, Assured Calibration and Laboratory Accreditation Select Services. Certificate numbers are on file at Kistler and may be requested in writing. Estimated uncertainty of this calibration is $\pm 1.7\%$ with respect to reference standard. This certificate shall not be reproduced, except in full, without written approval of Kistler Instrument Corporation.

Reference Equipment	Referenz Geräte	Type / Typ	Serial No / Serien-Nr
Accelerometer (Working Standard)	Beschleunigungs-Sensor (Gebrauchsnorm)	87048500	C191099
Coupler (Working Standard)	Kuppler (Gebrauchsnorm)	5112	2
Test Mass	Testmasse	FAC-968	---
Accelerometer (Primary Standard)	Beschleunigungs-Sensor (Bezugsnorm)	8002K	C197006
Charger Amplifier (Primary Standard)	Ladungsverstärker (Bezugsnorm)	5020	C4870

040-0070-701

3.3.2 Using the Extension Mass

The amount of energy applied to a structure is the product of the hammer mass and the hammer velocity. Since it is difficult to control the velocity of the hammer, the total hammer mass can be easily controlled. Each hammer is supplied with an extender mass that screws on the top of the hammer head to add extra energy when required.

To install the extender mass, simply screw the stud into the top of the hammer head. The extender mass should be tightened by hand with just enough torque to ensure that it will not come loose during testing. **Do not over tighten.**

Hammer Type	Extension Mass Type Number	Weight of Extension Mass (grams)
9722A	9922	50
9724A	9924	125
9726A	9926	250
9728A	9930	750

Table 3: Extension Mass Type Numbers and Weight

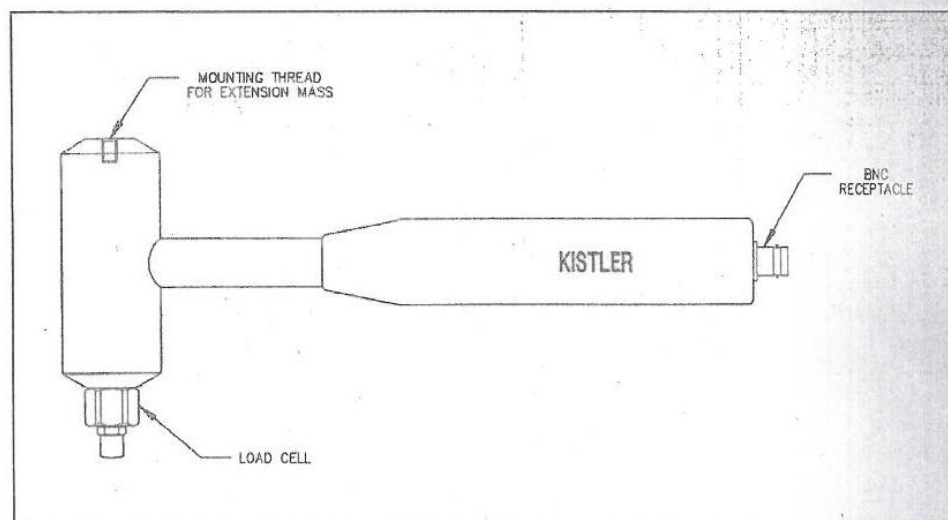


Figure 5: Typical Impulse Force Hammer



ANEXO C: DATOS RECOGIDOS DEL OSCILOSCOPIO EN EL EXPERIMENTO PARA EL CASO ESTÁTICO.



2.36E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	3.68E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.63E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.35E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	3.58E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.64E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.34E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00	.45E+02	3.48E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.65E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.33E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00	.45E+02	3.38E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.66E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.32E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	3.28E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.67E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
2.31E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	3.18E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.68E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.30E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	3.08E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.69E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
2.29E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	2.98E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.70E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.28E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00	.45E+02	2.88E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.71E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.27E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	2.78E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.72E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
2.26E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	2.68E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.73E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
2.25E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	2.58E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.74E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.24E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	2.48E-03	.00E-01	.10E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.75E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
2.23E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	2.38E-03	.00E-01	.10E-02	.68E+00	.68E+00	.31E+02	.76E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.22E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	2.28E-03	.00E-01	.10E-02	.28E+00	.28E+00	.12E+02	.77E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
2.21E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00	.45E+02	2.18E-03	20E-01	.92E-02	.88E+00	.88E+00	.53E+01	.78E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.20E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	2.08E-03	40E-01	.74E-02	.88E+00	.88E+00	.53E+01	.79E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.19E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	1.98E-03	40E-01	.74E-02	.52E+00	.52E+00	.23E+02	.80E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.18E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00	.45E+02	1.88E-03	40E-01	.74E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.81E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.17E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	1.78E-03	40E-01	.74E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.82E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
2.16E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00	.45E+02	1.68E-03	60E-01	.56E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.83E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
2.15E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	1.58E-03	60E-01	.56E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.84E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.14E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00	.45E+02	1.48E-03	60E-01	.56E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.85E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.13E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00	.45E+02	1.38E-03	60E-01	.56E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.86E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
2.12E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	1.28E-03	60E-01	.56E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.87E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.11E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00	.45E+02	1.18E-03	60E-01	.56E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.88E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
2.10E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	1.08E-03	60E-01	.56E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.89E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.09E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	9.80E-04	60E-01	.56E-02	.20E+00	.20E+00	.08E+02	.90E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
2.08E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	8.80E-04	60E-01	.56E-02	.24E+00	.24E+00	.36E+01	.91E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.07E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	7.80E-04	80E-01	.38E-02	.80E+00	.80E+00	.89E+01	.92E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
2.06E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	6.80E-04	80E-01	.38E-02	.56E+00	.56E+00	.44E+01	.93E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
2.05E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	5.80E-04	80E-01	.38E-02	.92E+00	.92E+00	.38E+01	.94E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.04E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	4.80E-04	.00E-01	20E-02	.92E+00	.92E+00	.38E+01	.95E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.03E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	3.80E-04	80E-01	.38E-02	.68E+00	.68E+00	.02E+01	.96E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.02E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	2.80E-04	.00E-01	20E-02	.68E+00	.68E+00	.02E+01	.97E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
2.01E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	1.80E-04	80E-01	.38E-02	.52E+00	.52E+00	.79E+01	.98E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
2.00E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00	.45E+02	8.00E-05	80E-01	.38E-02	.84E+00	.84E+00	.25E+01	.99E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
1.99E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00	.45E+02	.00E-05	.00E-01	20E-02	.24E+00	.24E+00	.89E+01	.00E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.98E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	20E-04	.00E-01	20E-02	.76E+00	.76E+00	.14E+01	.01E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.97E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	20E-04	.00E-01	20E-02	.28E+00	.28E+00	.47E+01	.02E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00
1.96E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00	.45E+02	20E-04	.00E-01	20E-02	.28E+00	.28E+00	.47E+01	.03E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.95E-02	.00E-02	.64E-02	.92E+00	.45E+02	20E-04	.00E-01	20E-02	.76E+00	.76E+00	.14E+01	.04E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00



1.94E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	20E-04	.00E-01	20E-02	.84E+00	.84E+00	25E+01	.05E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.93E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	20E-04	20E-01	.02E-02	.44E+00	.44E+00	68E+01	.06E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.92E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.45E+02	20E-04	20E-01	.02E-02	.36E+00	.36E+00	57E+01	.07E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.91E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	20E-04	20E-01	.02E-02	.80E-01	.80E-01	65E+00	.08E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.90E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	20E-04	20E-01	.02E-02	.12E+00	.12E+00	26E+01	.09E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.89E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.45E+02	.02E-03	20E-01	.02E-02	.68E+00	.68E+00	.02E+01	.10E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.88E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.12E-03	20E-01	.02E-02	.92E+00	.92E+00	38E+01	.11E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.87E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.22E-03	20E-01	.02E-02	.44E+00	.44E+00	68E+01	.12E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.86E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.45E+02	.32E-03	20E-01	.02E-02	.36E+00	.36E+00	57E+01	.13E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.85E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.42E-03	.00E-01	20E-02	.12E+00	.12E+00	26E+01	.14E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.84E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.52E-03	20E-01	.02E-02	.04E+00	.04E+00	.16E+01	.15E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.83E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.62E-03	.00E-01	20E-02	.80E-01	.80E-01	65E+00	.16E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.82E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.72E-03	.00E-01	20E-02	.20E-01	.20E-01	76E+00	.17E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.81E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.82E-03	80E-01	.38E-02	.80E-01	.80E-01	65E+00	.18E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.80E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.92E-03	.00E-01	20E-02	.80E-01	.80E-01	65E+00	.19E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.79E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.02E-03	80E-01	.38E-02	.20E+00	.20E+00	36E+01	.20E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.78E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.12E-03	80E-01	.38E-02	.44E+00	.44E+00	68E+01	.21E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.77E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.22E-03	60E-01	.56E-02	.92E+00	.92E+00	38E+01	.22E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.76E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.45E+02	.32E-03	60E-01	.56E-02	.28E+00	.28E+00	47E+01	.23E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.75E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.45E+02	.42E-03	60E-01	.56E-02	.08E+00	.08E+00	63E+01	.24E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.74E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.52E-03	60E-01	.56E-02	.16E+00	.16E+00	76E+01	.25E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.73E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.62E-03	40E-01	.74E-02	.64E+00	.64E+00	58E+01	.26E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.72E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.45E+02	.72E-03	40E-01	.74E-02	.64E+00	.64E+00	59E+01	.27E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.71E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.82E-03	40E-01	.74E-02	.24E+00	.24E+00	89E+01	.28E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.70E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.92E-03	40E-01	.74E-02	.68E+00	.68E+00	.02E+01	.29E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.69E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.45E+02	.02E-03	40E-01	.74E-02	.32E+00	.32E+00	.02E+01	.30E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.68E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.12E-03	40E-01	.74E-02	.72E+00	.72E+00	74E+01	.31E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.67E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.22E-03	20E-01	.92E-02	.20E+00	.20E+00	71E+01	.32E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.66E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.32E-03	20E-01	.92E-02	.80E+00	.80E+00	89E+01	.33E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.65E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.42E-03	20E-01	.92E-02	.84E+00	.84E+00	23E+01	.34E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.64E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.52E-03	20E-01	.92E-02	.24E+00	.24E+00	36E+01	.35E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.63E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.62E-03	20E-01	.92E-02	.92E+00	.92E+00	45E+02	.36E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.62E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.72E-03	20E-01	.92E-02	.92E+00	.92E+00	45E+02	.37E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.61E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.82E-03	.00E-01	.10E-02	.92E+00	.92E+00	45E+02	.38E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.60E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.92E-03	.00E-01	.10E-02	.92E+00	.92E+00	45E+02	.39E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.59E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.02E-03	.00E-01	.10E-02	.92E+00	.92E+00	45E+02	.40E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.58E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.12E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	45E+02	.41E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.57E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.22E-03	.00E-01	.10E-02	.92E+00	.92E+00	45E+02	.42E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.56E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.32E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	45E+02	.43E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.55E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.45E+02	.42E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	45E+02	.44E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.54E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.52E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	45E+02	.45E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00
1.53E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00	.45E+02	.62E-03	.00E-02	.28E-02	.92E+00	.92E+00	45E+02	.46E-02	.00E-02	20E-03	.92E+00



1.10E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.45E+02	.92E-03	.00E-02	64E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	89E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.09E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.45E+02	.02E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.90E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
1.08E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.12E-03	.00E-02	64E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.91E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
1.07E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.22E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.92E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
1.06E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.32E-03	.00E-02	64E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.93E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
1.05E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.42E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.94E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
1.04E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.45E+02	.52E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.95E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
1.03E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.62E-03	.00E-02	64E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.96E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
1.02E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.72E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.97E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
1.01E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.45E+02	.82E-03	.00E-02	64E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.98E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
9.98E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.92E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.99E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
9.88E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.00E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.00E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
9.78E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.01E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.01E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
9.68E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.02E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.02E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
9.58E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.03E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.03E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
9.48E-03	.00E+00	.00E+00	.92E+00	.45E+02	.04E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.04E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
9.38E-03	.00E-02	64E-02	.92E+00	.45E+02	.05E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.05E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
9.28E-03	.00E-02	64E-02	.92E+00	.45E+02	.06E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.06E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
9.18E-03	.00E+00	.00E+00	.92E+00	.45E+02	.07E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.07E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
9.08E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.08E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.08E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
8.98E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.09E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.09E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
8.88E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.10E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.10E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
8.78E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.11E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.11E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
8.68E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.12E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.12E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
8.58E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.13E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.13E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
8.48E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.14E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.14E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
8.38E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.15E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.15E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
8.28E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.16E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.16E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
8.18E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.17E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.17E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
8.08E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.18E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.18E-02	.00E-02	64E-02	.92E+00
7.98E-03	.00E-02	64E-02	.92E+00	.45E+02	.19E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.19E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00
7.88E-03	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.45E+02	.20E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00	.92E+00	.45E+02	.20E-02	.00E-02	.20E-03	.92E+00



ANEXO D: PROGRAMA BASIC STAMP 2



```
' {$STAMP BS2}
' LED_4.BS2
result VAR WORD
resultest VAR BYTE
totaltime VAR WORD
counter VAR WORD
SCORE VAR NIB

totaltime = 25
Inicio:
counter = counter + 1

HIGH 3
PAUSE 1
RCTIME 3, 1, result
DEBUG DEC ? result

IF result >= 7000 THEN Leas

DEBUG " It is not read it because the value is not higher than 7000",CR
GOTO

Leas:
DEBUG " The value is correct.SEND IT BY BLUEBLOOTH",CR

SCORE = SCORE +1                                'increase the scoreboard
SEROUT 1, 16468,["MARCADOR, DEC2 SCORE"]        'send to the scoreboard

totaltime = totaltime -1
DEBUG "Contador: "
DEBUG DEC ? totaltime,CR
IF totaltime > 0 THEN Inicio
END
```

REFERENCIAS

- <http://openmaterials.org/2009/11/30/materials-101-quantum-tunnelling-composite/>. Acedido en Febrero de 2011
- <http://www.ectinschools.org>. Acedido en Febrero de 2011
- <http://bura.brunel.ac.uk>. Acedido en Febrero de 2011
- <http://smartgarments.blogspot.com>. Acedido en Febrero de 2011
- <http://smartgarments.blogspot.com>. Acedido en Febrero de 2011
- <http://www.qiosystems.com>. Acedido en Diciembre de 2010
- <http://smartgarments.blogspot.com>. Acedido en Octubre de 2010
- <http://www.google.com/patents>. Acedido en Octubre de 2010
- <http://www.dur.ac.uk>. Acedido en Octubre de 2010
- <http://www.google.com/patents>. Acedido en Octubre de 2010
- <http://www.researchandmarkets.com>. Acedido en Enero de 2011
- <http://www.imec.be>. Acedido en Enero de 2011
- <http://www.smartlifetech.com>. Acedido en Octubre de 2010
- <http://www.techtextil.messefrankfurt.com>. Acedido en Febrero de 2011
- <http://www.ntcresearch.org>. Acedido en Octubre de 2010
- <http://www.smart-systems-integration.org>. Acedido en Octubre de 2010
- <http://www.timstar.co.uk>. Acedido en Abril de 2011
- <http://www.parallax.com>. Acedido en Octubre de 2010
- <http://www.phanderson.com>. Acedido en Junio de 2011
- <http://www.practicalphysics.org>. Acedido en Febrero de 2011
- <http://academic.uprm.edu/> Acedido en Febrero de 2011

BIBLIOGRAFIA

- Martin Bowyera, Ken Jonesay Mila Kwiatkowska; "The application of Quantum Tunneling Compound to sleep actigraphy"
- TaweeTunkasiri; " Smart Materials" Trans Tech Pubn, 2008
- Jacob Millman yChristos C. Halkias; "Integrated Electronics: Analog and Digital Circuits and Systems"
- Klooster, Thorsten; "Smart surfaces and their applications in architecte and design", Birkhauser, 2009.
- Singh, Jasprit; "Smart electronic materials: fundamentals and applications", Cambridge University, 2005.
- " Basic Stamp Syntax y Reference Manual" Version 2.2
- E Grant, K.A. Luthy and J.F. Muth; "Developing portable acoustic arrays on a large-scale e-textile substrate", Emerald Group Publibishing Limited, 2004.
- Richard Booham; "QTC, A remarkable new material to control electricity", Scince Enhancement Programme Gatsby Technical Education Projects, 2005.
- Manual BASIC Stamp Sintax and Reference Manual Version 2.2